This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**Over dit boek**

Dit is een digitale kopie van een boek dat al generaties lang op bibliotheekplanken heeft gestaan, maar nu zorgvuldig is gescand door Google. Dat doen we omdat we alle boeken ter wereld online beschikbaar willen maken.

Dit boek is zo oud dat het auteursrecht erop is verlopen, zodat het boek nu deel uitmaakt van het publieke domein. Een boek dat tot het publieke domein behoort, is een boek dat nooit onder het auteursrecht is gevallen, of waarvan de wettelijke auteursrechttermijn is verlopen. Het kan per land verschillen of een boek tot het publieke domein behoort. Boeken in het publieke domein zijn een stem uit het verleden. Ze vormen een bron van geschiedenis, cultuur en kennis die anders moeilijk te verkrijgen zou zijn.

Aantekeningen, opmerkingen en andere kanttekeningen die in het origineel stonden, worden weergegeven in dit bestand, als herinnering aan de lange reis die het boek heeft gemaakt van uitgever naar bibliotheek, en uiteindelijk naar u.

**Richtlijnen voor gebruik**

Google werkt samen met bibliotheken om materiaal uit het publieke domein te digitaliseren, zodat het voor iedereen beschikbaar wordt. Boeken uit het publieke domein behoren toe aan het publiek; wij bewaren ze alleen. Dit is echter een kostbaar proces. Om deze dienst te kunnen blijven leveren, hebben we maatregelen genomen om misbruik door commerciële partijen te voorkomen, zoals het plaatsen van technische beperkingen op automatisch zoeken.

Verder vragen we u het volgende:

+ *Gebruik de bestanden alleen voor niet-commerciële doeleinden* We hebben Zoeken naar boeken met Google ontworpen voor gebruik door individuen. We vragen u deze bestanden alleen te gebruiken voor persoonlijke en niet-commerciële doeleinden.

+ *Voer geen geautomatiseerde zoekopdrachten uit* Stuur geen geautomatiseerde zoekopdrachten naar het systeem van Google. Als u onderzoek doet naar computervertalingen, optische tekenherkenning of andere wetenschapsgebieden waarbij u toegang nodig heeft tot grote hoeveelheden tekst, kunt u contact met ons opnemen. We raden u aan hiervoor materiaal uit het publieke domein te gebruiken, en kunnen u misschien hiermee van dienst zijn.

+ *Laat de eigendomsverklaring staan* Het “watermerk” van Google dat u onder aan elk bestand ziet, dient om mensen informatie over het project te geven, en ze te helpen extra materiaal te vinden met Zoeken naar boeken met Google. Verwijder dit watermerk niet.

+ *Houd u aan de wet* Wat u ook doet, houd er rekening mee dat u er zelf verantwoordelijk voor bent dat alles wat u doet legaal is. U kunt er niet van uitgaan dat wanneer een werk beschikbaar lijkt te zijn voor het publieke domein in de Verenigde Staten, het ook publiek domein is voor gebruikers in andere landen. Of er nog auteursrecht op een boek rust, verschilt per land. We kunnen u niet vertellen wat u in uw geval met een bepaald boek mag doen. Neem niet zomaar aan dat u een boek overal ter wereld op allerlei manieren kunt gebruiken, wanneer het eenmaal in Zoeken naar boeken met Google staat. De wettelijke aansprakelijkheid voor auteursrechten is behoorlijk streng.

**Informatie over Zoeken naar boeken met Google**

Het doel van Google is om alle informatie wereldwijd toegankelijk en bruikbaar te maken. Zoeken naar boeken met Google helpt lezers boeken uit allerlei landen te ontdekken, en helpt auteurs en uitgevers om een nieuw leespubliek te bereiken. U kunt de volledige tekst van dit boek doorzoeken op het web via `http://books.google.com`

827
V7
B 3 848 286

DR. HUGO DE VRIES

# OORSPRONG EN BEVRUCHTING DER BLOEMEN

UITGAVE G. P. TIERIE - AMSTERDAM - 1904

THE LIBRARY
OF
THE UNIVERSITY
OF CALIFORNIA

PRESENTED BY
PROF. CHARLES A. KOFOID AND
MRS. PRUDENCE W. KOFOID

# OORSPRONG EN BEVRUCHTING DER BLOEMEN.

PROF. DR. HUGO DE VRIES

# OORSPRONG EN BEVRUCHTING DER BLOEMEN

UITGAVE G. P. TIERIE - AMSTERDAM - 1904

Pal

K-QK827
V7
Biol.
Lib.

# VOORREDE.

In onzen tijd treden de vraagstukken van bevruchting en voortplanting, van erfelijkheid en veranderlijkheid hoe langer hoe meer op den voorgrond. Allengs neemt de beteekenis van de studie van deze verschijnselen in het planten- en dierenrijk toe, nu het blijkt, dat de natuurwetten, die de menschelijke maatschappij beheerschen, in breede trekken dezelfde zijn, als die, welke voor de overige levende wezens gelden.

Op plantkundig gebied zijn vele dezer verschijnselen gemakkelijker te bestudeeren, en voor den leek met minder inspanning te begrijpen, dan de overeenkomstige processen in het dierenrijk. Onze kennis van stuifmeel en zaadknoppen, van bevruchting en bastaardeering is in de laatste jaren aanzienlijk uitgebreid. Vele verschijnselen zijn daardoor in een geheel nieuw licht getreden, en ook hun verband met de leer der erfelijkheid komt steeds meer aan den dag.

In de jaargangen van 1903 en 1904 van De Gids heb ik getracht den tegenwoordigen stand dezer quaestiën op algemeen bevattelijke wijze te schetsen, en de belangstelling, die deze opstellen van vele zijden hebben ondervonden, heeft mij den moed gegeven om te voldoen aan den wensch van den Uitgever dezes, om die artikelen afzonderlijk het licht te doen zien.

M354580

Het opstel over Bevruchting is eene voordracht, door mij gehouden op de 151e jaarvergadering der Hollandsche Maatschappij voor Wetenschappen, te Haarlem. Voor de Gids was die voordracht echter op onderscheidene plaatsen omgewerkt en uitgebreid. Zij verschijnt ook hier in dien grooteren omvang.

HUGO DE VRIES.

# INHOUD.

Pag.

HOOFDSTUK I.

OORSPRONG DER BLOEMEN. . . . . 1

HOOFDSTUK II.

BEVRUCHTING DER BLOEMEN . . . . . 26

# HOOFDSTUK I.

## OORSPRONG DER BLOEMEN.

OMSTREEKS het midden der vorige eeuw, in de laatste jaren vóór het verschijnen van Darwin's boek over den oorsprong der soorten, leerde Hofmeister in de naaldboomen tusschenvormen kennen tusschen de bloemplanten en de bedekt-bloeienden. Vroeger scheen de klove, die de wieren, de mossen en de varens scheidt van de planten die zich met bloemen tooien, een onoverkomelijke, en zelfs de onaanzienlijke bloesems van eiken, iepen, hazelaars en andere katjesdragende boomen, golden als hoog ontwikkeld tegenover het algeheel gemis aan bloemen bij de varens. Hofmeister's onderzoek leerde echter omtrent het bloeien van dennen en sparren aan de eene zijde der klove en van de wolfsklauwen en het Engelsche mos aan de andere zijde, zulke merkwaardige punten van overeenkomst kennen, dat de oude scherpe scheiding nagenoeg geheel moest worden opgegeven.

Zulke groote scheidingen golden toen als zeer belangrijke argumenten tegen de leer der gemeenschappelijke afstamming. De enkele aanhangers, welke die leer sedert Lamarck en tot op Darwin steeds geteld heeft, vermochten die bezwaren niet te weerleggen. Maar Hofmeister's onderzoekingen hebben, evenals de studiën van Alphonse De Candolle over de ver-

spreiding der planten, op botanisch gebied als het ware den weg gebaand voor Darwin's theorie. Op zoölogisch en sociaal gebied ontmoette deze aanvankelijk heftigen tegenstand; op botanisch gebied gaf zij terstond aan lange reeksen van feiten, die toen nog nieuw waren en op den voorgrond der belangstelling stonden, een zoo eenvoudige en zoo natuurlijke verklaring, dat de theorie als van zelve begroet werd als iets, wat men wel had kunnen verwachten.

Hofmeister had de baan gebroken, maar het door hem ontgonnen veld was veel te groot voor de studie van een enkelen onderzoeker. Vele planten die het dichtst staan bij de grens tusschen de zichtbaar-bloeienden en de bedekt-bloeienden, ontbreken in onze kassen, of komen daar niet tot bloei en vruchtvorming. Java moest in de ontwikkelings-geschiedenis der wolfsklauwen een belangrijke groep van feiten onthullen en aan den directeur van 's Lands Plantentuin, Treub, komt de eer toe, van de hem geboden gelegenheid tot uitbreiding van onze kennis op dit gebied op meesterlijke wijze gebruik gemaakt te hebben. De Cycaspalmen en de Ginkgo, die onder de bloemplanten het dichtst bij de besproken grens staan, groeien in het heerlijke klimaat van Japan en van de zuidelijke staten der Noord Amerikaansche Unie, en het zijn dan ook vooral Japanners en Amerikanen, die in den laatsten tijd het meest er toe hebben bijgedragen, om de leer van den oorsprong der bloemen te voltooien.

De namen zichtbaar-bloeiende en bedekt-bloeiende planten of Phanerogamen en Cryptogamen, zijn oud en door hun ouderdom geijkt. Aanvankelijk drukten zij den stand van onze kennis zeer juist uit. Men meende vrij goed te weten hoe de bevruchting bij de bloemplanten geschiedde, terwijl de overeenkomstige verschijnselen bij de lagere planten nog met een dichten sluier omhuld waren. In de eerste helft van de vorige eeuw ontdekte men, dat bij die lagere gewassen de bevruchting plaats vond op overeenkomstige wijze als

bij de dieren, en er is een tijd geweest, dat de aangehaalde namen van de beide hoofdafdeelingen van het plantenrijk eigenlijk geheel onjuist waren. Want men kende toen de bevruchting der bedekt-bloeienden zeer goed, terwijl men omtrent die der Phanerogama nog zeer onvolledige en ten deele onjuiste voorstellingen koesterde. Gelukkig is thans ook die periode achter den rug, en is onze kennis in beide groepen zoo diep in het wezen der zaak ingedrongen, dat een in het oog loopend verschil in de volledigheid van ons inzicht eigenlijk nergens meer bestaat.

Deze dieper gaande kennis heeft het zwaartepunt van de geheele leer verlegd, en daardoor een nieuwen grondslag gegeven voor de vergelijking van de verschillende hoofdgroepen van het plantenrijk. De bevruchting der bloemen is voor ons thans niet meer het overbrengen van het stuifmeel, door den wind of door insecten, op den stempel; haar wezen moet dieper worden gezocht. De ontkieming der stuifmeelkorrels, hun uitgroeien tot buizen die in den stijl en den stamper doordringen, die de zaadknoppen bereiken en het poortje doorgaan, al deze vroeger zoo gewichtige verschijnselen zijn, sedert lang, niet meer dan voorbereidingen tot het eigenlijke proces. Wat dit proces is, weet men thans, daar men het onder het microscoop kan zien. Eindigde langen tijd onze kennis met het aanleggen van den top der stuifmeelbuis tegen de eicel, en wist men niet welke inwerking daarbij plaats vindt, thans heeft men in vele gevallen waargenomen, hoe stoffelijke deeltjes van den levenden inhoud dier buizen uittreden, in de eicellen binnendringen, en zich met het eigenste wezen van deze, met haar kern, lichamelijk vereenigen. Zóó vereenigt zich ook bij de dieren het zaaddiertje of de spermatozoë met de kern der eicel, en zóó geschiedt het ook bij de varens en andere zoogenaamde Cryptogamen. Dit meest essentieele punt in het geheele ingewikkelde proces der bevruchting geschiedt dus overal in de natuur op dezelfde wijze; overal

bestaat het in de vereeniging van het mannelijk element met de kern der eicel. Dat element heet van oudsher spermatozoë bij de dieren of spermatozoïde bij de planten, maar in de beteekenis van deze beide woorden is geen verschil, en vele schrijvers gebruiken ze thans door elkander. Bij de bloemplanten is het mannelijk deel, dat de kern der eicel bevrucht én in zijn wezen, én in een aantal gevallen in zijn vorm, zoo geheel overeenkomstig met deze spermatozoën of spermatozoïden, dat zich in de laatste jaren het gebruik heeft ingeburgerd, ook dit met den zelfden naam te bestempelen.

De eenheid in de natuur, zooals die ons ook hier ontsluierd wordt, dwingt ons tot bewondering, en het is ons daarbij een behoefte aan die eenheid uitdrukking te geven in onze taal. De dialecten der afzonderlijke wetenschappen verdwijnen allengs en wijken voor een meer algemeenen spraakvorm, die zijnerzijds weer het voertuig wordt van meer veelzijdig inzicht en dieper bewondering, deze beide wegen waarlangs de wetenschap voert tot meerdere stoffelijke welvaart en tot verhoogde ethische ontwikkeling.

Het is uit den aard der zaak niet gemakkelijk, aan leeken den weg te wijzen, om de uitkomsten van het fijnste microscopische onderzoek te leeren volgen en waardeeren. Aan de andere zijde heeft alles wat met de bevruchting in verband staat, zoo groote aanspraak op algemeene belangstelling, dat de nieuwe ontdekkingen op dit gebied niet nalaten kunnen ook in ruimeren kring welkom te worden geheeten. Om deze reden wil ik trachten, uit die studiën datgene uit te kiezen, wat zich het beste aansluit aan reeds bekende verschijnselen, en wat tevens op de eenvoudigste wijze een denkbeeld kan geven van de richting, waarin zich dit deel onzer wetenschap in den laatsten tijd voornamelijk bewogen heeft.

Daartoe wil ik mijne uiteenzettingen aanknoopen aan een plantje dat iedereen kent, maar dat de meeste mijner lezers wel niet hebben zien bloeien, ofschoon

het dit toch volstrekt niet zoo zeldzaam doet. Maar het bloeit dan ook, volgens de gebruikelijke terminologie, niet »zichtbaar« maar »bedekt«. Het draagt kleine groene aartjes, en die aartjes wil ik thans met bloemen gaan vergelijken.

Het plantje, dat ik bedoel, is het Engelsche mos, of de Selaginella. Het is geen mos, zooals de naam zou doen vermoeden, maar een echte vaatplant, met een inwendigen bouw van zijn stengels en bladeren, zooals men die ook bij de bloemplanten vindt. Daarom rekent men het in de plantkunde tot de vaat-cryptogamen, waartoe ook de varens, schuurbiezen, wolfsklauwen en dergelijke behooren. Iedereen kent dit Engelsche mos; want het is het mosplantje van onze bloemenmandjes. Daartusschen steekt men afgesneden bloemen los in het zand, of men plant er kleine varens of andere soorten tusschen; en overal waar het mandje niet den indruk van een bouquet moet maken maar van een groepje levende planten, daar vormt het engelsche mos gewoonlijk den grondslag. Men herkent het aan zijn platte stengels, die links en rechts zaagtanden vertoonen; deze zijn niet anders dan de toppen der kleine blaadjes. En ziet men goed toe dan liggen er op die twee rijen van blaadjes nog twee, maar kleiner, smaller en niet uitstekende. De stengels zelven zijn hier en daar vorksgewijs vertakt, en schieten naar onderen lange, rechte, stijve wortels, die zich in den grond op dergelijke wijze, maar meer herhaaldelijk verdeelen.

Behalve deze soort van Selaginella kweekt men bij ons in kassen nog een groot aantal andere, soms losser, meestal stijver van vorm, soms veel grooter, maar meestal kleiner, en den grond met een dichte zode bedekkend. Alle zijn zij aan de beschreven plaatsing der bladeren en aan de kenmerken der vertakking gemakkelijk te herkennen. Sommige schitteren ofschoon zij groen zijn, met een fraaien helder blauwen weerschijn als men ze zijdelings beschouwt. In het wild vindt men ze bij ons niet, maar wel komen er in Zwitserland

op de alpen, hier en daar een paar kleinere, zeer sierlijke soorten van voor.

Deze Selaginella's nu bloeien met kleine, groene aartjes, die zij aan de toppen van hun stengels en takken maken, en die soms, op een platliggend loof, omhoog staan en daardoor gemakkelijk in het oog vallen, terwijl zij in andere gevallen er uitzien als de bebladerde takken, en dus licht over het hoofd gezien worden. Dit is nu juist het geval bij het gewone Engelsche mos. Toch zijn die aartjes vierkant; de vier rijen van blaadjes, die op den stengel plat liggen, staan hier in vier richtingen uiteen. In de oksels van die blaadjes vindt men in de aartjes kleine korrels, veelal rood of bruin gekleurd, maar soms ook groen. Deze korrels zijn de organen, waarop wij thans onze aandacht moeten gaan vestigen.

Elk blaadje van een aartje draagt er één in zijn oksel. Maar onderling zijn zij niet alle gelijk. Vooral als men ze opendrukt, bemerkt men dat er twee soorten zijn. De een laat dan tallooze nog fijnere korrels ontsnappen, de ander echter grooter lichaampjes in veel kleiner aantal, b.v. acht of twaalf. Deze lichaampjes zijn de sporen, en de organen waarin zij bevat zijn heeten dus de sporedoosjes of sporangiën. De kleine sporen noemt men microsporen, de groote echter macrosporen, zoodat de naam terstond het meest in het oog loopend verschil aanduidt.

Toch is dit verschil niet het meest wezenlijke. Want de microsporen zijn de mannelijke, en de macrosporen de vrouwelijke organen. Om dit duidelijk te maken zoeken wij een kiemplantje van een Selaginella op. Deze vindt men in onze kassen niet al te zeldzaam op het veenmos of op den grond der potten, op vochtige plekken der muren, op de kunstmatige rotspartijen, ja soms zelfs in den tuin, buiten de kassen. Want bijna overal kiemt het Engelsche mos heel gemakkelijk.

Voorzichtig nemen wij zoo'n plantje uit den grond, als het nog geen, of bijna geen zijtakken heeft, dus

nog heel jong is. Op de grens van het worteltje en den stengel zien wij dan, zijdelings, een zeer klein kogeltje, dat wij, bij beschouwing met een loupe, gemakkelijk kunnen herkennen als een der zooeven besproken macrosporen. Door de ontkieming van zulk een macrospore is dus het jonge plantje ontstaan. Hoe geschiedt dit, en welke rol vervullen daarbij de microsporen? Om dit na te gaan, zaait men beide soorten en onderzoekt men ze van tijd tot tijd onder het microscoop.

De groote sporen zijn aanvankelijk slechts uit één cel opgebouwd. Bij de ontkieming deelt zich deze en ontstaat er een weefsel met een aantal cellen, die door haar groei den wand der spore doen barsten. Dit weefsel, dat dan door dien barst een klein weinig te voorschijn treedt, heet de voorkiem. Het komt overeen met het gelijknamig orgaan bij de varens, is echter niet vliezig en groot en groen zooals hier, maar kleurloos en grootendeels binnen de sporen besloten. Het brengt de vrouwelijke geslachtsorganen voort; deze zijn eigenlijk niets anders dan eicellen, omgeven door een laagje gewone cellen dat zich aan zijn top opent. Men noemt ze archegoniën, maar het wezenlijke deel is de eicel, terwijl de wand slechts bijzaak is, ook voor onze latere beschouwingen. Om tot een plantje uit te groeien, moet nu de eicel bevrucht worden, haar kern moet zich met een spermatozoë vereenigen. Deze zaaddiertjes voort te brengen, is de rol van de micro- of mannelijke sporen. Zij doen dit op zeer eenvoudige wijze, door zich in een aantal cellen te verdeelen, terwijl in de binnenste van die cellen in elk ééne spermatozoë ontstaat. Komt nu in dezen toestand de microspore, ten gevolge van begieten of regen, in een omgeving van water, dan barst zij, de spermatozoën zwemmen er uit en zoeken de eicellen op, die zij gemakkelijk vinden zoo in denzelfden waterdruppel ook gekiemde macrosporen liggen. Aangetrokken door bepaalde afscheidingsproducten dringen zij in de opening der archegoniën binnen en

bereiken zóó de eicel. In deze dringen zij in, om zich met haar kern te vereenigen. Die vereeniging bestaat aanvankelijk slechts in een wederzijdsche aaneendrukking, en eerst later tijdens het begin van de ontwikkeling der jonge plant wordt die verbinding allengs inniger.

De jonge plant ontstaat namelijk uit de bevruchte eicel. Deze deelt zich en vormt een uit cellen opgebouwd lichaam. Aan de zijde van de macrospore groeit dit uit tot een zoogenoemden voet, een zuigorgaan, waarmede de jonge plant zich in de voorkiem bevestigt, en het in deze voorhanden voedsel opzuigt. Aan de andere zijde groeit bedoeld cellichaam naar buiten en verlengt zich tot den jongen stengel, die omhoog groeit, terwijl naar omlaag de wortel wordt voortgebracht. Zóó komt het dat later de voorkiem met de macrospore zich als een zijdelingsch aanhangsel aan het onderste deel van den stengel der kiemplant voordoet.

Is het mij gelukt den bouw der aren en de ontkieming van de Selaginella's duidelijk te maken, zoo kunnen wij er thans toe overgaan, de punten van vergelijking met de overeenkomstige organen en processen der bloemplanten op te zoeken.

De aar is de bloem. Want wat is een bloem? Deze bestaat uit kelk en kroon, uit meeldraden en stampers, alle van bladachtige natuur en samen op een as ingeplant. De meeldraden zijn vervormde bladeren die het stuifmeel, dus het mannelijk element voortbrengen. Met hen moeten wij dus bij het Engelsche mos die blaadjes van de aar vergelijken, die de sporedoosjes met de mannelijke of microsporen dragen. En feitelijk liggen de stuifmeelkorrels in hokjes, die wij ook doosjes zouden kunnen noemen, en komen zij zelven in alle belangrijke opzichten met de microsporen overeen. Deze overeenkomst gaat zoover, dat men thans niet zelden kortweg de stuifmeelkorrels de microsporen der bloemplanten noemt. Wij zullen weldra zien welke gronden daartoe het recht verleenen. Omgekeerd kan men die blaadjes in de aar der Selaginella's die de

microsporen voortbrengen, als de voorloopers der meeldraden, en hunne sporangiën als de oorspronkelijkste toestanden der stuifmeelhokjes beschouwen.

De stampers bestaan uit vruchtbladeren, hetzij dat elk vruchtblad één stamper vormt, of dat zij onderling vergroeien om te zamen een grooteren tot stand te brengen. Aan die vruchtbladen zitten de jonge zaden of zaadknoppen, die binnen een dubbel omhulsel een weefsel hebben, waarin ééne cel verreweg grooter wordt dan alle andere. In die ééne cel ligt later, na de bevruchting, de kiem; daarom noemt men haar kiemzak of embryo-zak. Deze cel komt overeen met een vrouwelijke of macrospore van de Selaginella, en dit feit, dat de grondslag van al onze verdere vergelijkende beschouwingen is, is wel de belangrijkste der ontdekkingen, waardoor Hofmeister het verband tusschen de bloemplanten en de Cryptogamen heeft leeren kennen. Vele schrijvers noemen dan ook den kiemzak macrospore, evenals zij de stuifmeelkorrels als microsporen aanduiden. De punten van overeenkomst zijn thans volkomen duidelijk en komen in hoofdzaak op de voortbrenging van de eicel neer, door wier bevruchting de kiem voor de jonge plant ontstaat. En even zoo als bij de Selaginella die kiem aanvankelijk in de voorkiem ligt, en deze voorkiem grootendeels binnen de macrospore besloten blijft, evenzoo ligt bij de bloemplanten de jonge kiem in den kiemzak, ja feitelijk blijft zij daarin liggen tot in het rijpe zaad en tot aan de ontkieming van het zaad. Maar door zijn groei wordt de kiemzak daarbij zoo sterk uitgerekt, dat hij onzichtbaar wordt en reeds in het rijpe zaad niet meer te vinden is.

De eicel is echter niet het eenige punt van overeenkomst. Want ook de bloemplanten hebben een voorkiem in hun macrospore. Deze voorkiem is een groep van cellen, die gewoonlijk met den naam van tegenvoeters of antipoden worden aangeduid, daar zij aan het tegenovergestelde uiteinde van den kiemzak liggen.

Gewoonlijk drie in aantal, in enkele gevallen een weefsel van een kleine honderd cellen vormende, zijn zij steeds gekenmerkt door het bezit van celwanden, en door het feit, dat zij voor bevruchting en latere ontwikkeling ongeschikt en dus van vegetatieven aard zijn.

Doch keeren wij tot de aar zelve terug. Deze is dus eenvoudig een bloem met een lange spil, bezet met blaadjes, waarvan sommige de microsporenzakjes dragen en dus de voorloopers der meeldraden zijn, terwijl andere, door de voortbrenging der macrosporen of kiemzakken zich kenmerken als vruchtbladeren, die zich nog niet tot een stamper hebben vervormd. Kelk en kroon ontbreken in deze allereenvoudigste bloemen nog. Maar in al deze opzichten staan de Selaginella's niet alleen. Allereerst bloeien enkele andere vaatcryptogamen met geheel overeenkomstige aren, en dit geldt met name van de schuurbiezen en de wolfsklauwen. In de tweede plaats moeten de kegels onzer dennen en sparren en evenzoo die der Cycaspalmen en van hunne verwanten beschouwd worden als organen, die feitelijk meer op de aartjes der genoemde Cryptogamen gelijken, dan op echte bloemen, al worden zij ook meestal met deze op ééne lijn gesteld.

Om zich een goed begrip van den allereersten oorsprong der bloemen te vormen is het wenschelijk eenigen tijd bij de verschillende typen van vaatcryptogamen stil te staan. Met de aren der Selaginella's komen die der wolfsklauwen nog het beste overeen. Maar in één belangrijk opzicht zijn zij veel lager georganiseerd. Het verschil tusschen mannelijke en vrouwelijk organen is hier nog niet ontwikkeld. Er is aan elke aar maar ééne soort van blaadjes, die dus alle dezelfde sporedoosjes met onderling gelijke sporen dragen. De sporen ontkiemen als de macrosporen der Selaginella's; zij maken een kleurlooze voorkiem, die den wand der spore doet barsten en uit dezen naar buiten groeit. In verhouding tot de sporen wordt deze wat grooter, maar dit is niet het wezenlijke punt van verschil. Dat

ligt in het feit, dat hier de mannelijke en vrouwelijke organen op dezelfde voorkiem ontstaan. De voorkiem zelf is dus tweeslachtig, hij draagt de archegoniën met de eicellen en tevens de organen waarin de spermatozoïden ontstaan. Verder geschiedt de bevruchting en de ontkieming op de boven beschreven wijze, maar het is duidelijk dat het gemis van geslachtelijke differentieering in de aar op een lageren graad van organisatie duidt. In dit opzicht komen de wolfsklauwen overeen met de varens, bij welke ook slechts één soort van sporen wordt aangetroffen, waaruit gewoonlijk prothalliën of voorkiemen ontstaan, die tegelijker tijd mannelijke en vrouwelijk organen dragen.

De wolfsklauwen hebben dus geen macro- en microsporen. Van de gewone soort, die bij ons op droge heidegronden veelvuldig groeit, de Lycopodium clavatum, worden de sporen in het groot verzameld en als een geel poeder, het zoogenaamd Lycopodiumpoeder, voor verschillende doeleinden gebruikt.

De schuurbiezen en hunne verwanten, waaronder ten onzent vooral het hermoes bekend is, vormen te samen het geslacht der Equisetums of paardestaarten. Groene onbebladerde, soms zelfs onvertakte stengels, die nu en dan aan hun top een bruine aar dragen, geven aan deze groep een eigenaardig, gemakkelijk te herkennen type. Die aren bestaan uit kransen van kleine zeskante schildjes, die aan hun onderzijde de sporangiën dragen. Een verschil tusschen mannelijke en vrouwelijke sporangiën is er ook hier niet, alle sporen zijn onderling gelijk. Ten minste voor zooverre men rechtstreeks zien kan, want bij de ontkieming vormen sommige van hen mannelijke en andere vrouwelijke voorkiemen. De eicellen worden door de spermatozoën bevrucht en groeien tot jonge plantjes uit, zonder daarbij belangrijke punten van verschil met de reeds besproken gevallen op te leveren.

Aartjes met eenerlei soort van voortplantingsorganen

staan natuurlijk een trap lager op den ladder der differentieering dan die met tweeërlei soort. En zoo moeten de »bloemen« der schuurbiezen en wolfsklauwen in dit opzicht als de voorloopers van de bloempjes der Selaginella's beschouwd worden.

Veel grooter en zwaarder van bouw, en op het eerste gezicht geheel anders, zijn de kegels van dennen en sparren. Toch is het verschil slechts schijnbaar. Een spil met vruchtbladeren, een spil met blaadjes die de mannelijke microsporen voortbrengen, maar nog geen kelk en kroon — ziedaar een omschrijving van de bloemen der naaldboomen, die in hoofdzaak volledig is, en toch nog geen afwijking van de aren der besproken vaatcryptogamen in zich sluit. Het eenige belangrijke verschil is, dat de mannelijke en vrouwelijke voortplantingsorganen hier gescheiden zijn, zoodat de eene bloem alleen deze, de andere alleen gene draagt. Maar daar dit verschijnsel bij de gewone bloemplanten toch geen regel geworden is, kan het moeilijk voor een hoofdzaak worden aangezien.

De vrouwelijke bloemen zijn de kegels. Aanvankelijk klein en saprijk en kleurig, worden zij later groot en bruin en houtig, terwijl de zaden rijpen. Elke schub draagt twee zaden, en in elk zaad één macrospore of kiemzak. Die zaden maken het eigenlijke punt van verschil met de Cryptogamen uit. Maar daarop kom ik weldra terug. In de mannelijke bloemen is nog minder verschil. Hun blaadjes komen wat meer met meeldraden overeen, maar die van den Taxis zijn nog schildvormig evenals de sporendragende blaadjes der schuurbiezen. Hun stuifmeelhokjes zijn nauw met microsporangiën, hun stuifmeelkorrels zeer nauw met de microsporen verwant. Tal van punten van overeenkomst verbinden ze met de vaatcryptogamen. Aan de andere zijde is de verwantschap van de bloemen der naaldboomen met de bloemen der hoogere planten volstrekt niet zoo duidelijk. Hier, waar het geldt hun naaste verwanten onder de bloemplanten te vinden, laat

de stelselkunde ons vooralsnog in den steek. Enkele overgangen kent men, maar echte tusschenvormen kan men met zekerheid nog niet aantoonen. Kelk en kroon komen in eens voor den dag, evenzoo de plaatsing van meeldraden en stampers in kransen, in plaats van in een schroeflijn zooals bij de wolfsklauwen en de dennen. Maar ook de aren der Equisetums bestaan uit kransen, en onder de boterbloemen en hunne verwanten is de rangschikking der bloemdeelen in een schroef nog iets heel gewoons. Langen tijd golden de eenzaadlobbigen voor een tusschenvorm tusschen de naaldboomen en de Dicotylen, omdat kelk en kroon bij hen meest samen slechts een enkel bloemdek vormen. Maar op het voetspoor van Delpino neemt men thans algemeen aan, dat de Monocotylen uit de laagste tweezaadlobbigen ontstaan zijn, en dat deze de rechtstreeksche afstammelingen van de naaldboomen zijn, die trouwens, met een enkele uitzondering, juist in het kenmerk dat den naam gaf, met de Dicotylen overeenstemmen.

Zóó is dus de oorsprong der bloemen wat hun uitwendige vormen betreft. Een spil met sporen-dragende blaadjes was het begin, waaruit zich allengs, in den loop der geologische tijden, de schitterende vormen ontwikkeld hebben, die thans in de orchideeën en enkele andere familiën hun hoogste volmaking bereiken.

Stuifmeelkorrels en kiemzakken zijn daarbij ontstaan uit de sporen der Cryptogamen, allereerst door een differentieering der oorspronkelijk gelijkvormige sporen in twee typen, — de micro- en macrosporen —, daarna door toenemende ontwikkeling van het geslachts-verschil tusschen beiden. De microsporen werden tot stuifmeelkorrels, de macrosporen tot kiemzakken. Gaan wij thans deze beide groepen afzonderlijk na.

De geringste verandering hebben de mannelijke organen ondergaan. Of juister gezegd, bij hen is de verandering het spoedigst ingetreden en was zij al zoo goed als voltooid, voordat de eerste bloemplanten ontstonden. Vandaar dat in dit opzicht de bloemplanten

met de hoogste Cryptogamen nagenoeg overeenkomen. Een microspore kiemt op den grond, een stuifmeelkorrel in een bloem — ziedaar het eigenlijke verschil. Maar dit verschil hangt zoo innig samen met de plaats waar de macrosporen en de kiemzakken zich verder ontwikkelen, dat het systematisch als een gevolg van de eigenschappen van deze kan worden beschouwd.

Laat ons weder met de microsporen der Selaginella's beginnen. Deze brengen, zooals wij gezien hebben, door deeling een aantal cellen voort, waarvan de binnenste tot spermatozoën worden. Dan verslijmen de overtollige celwanden, de spore barst en de zaaddiertjes treden uit. Veel grooter gelijkenis op de verschijnselen bij de hoogere planten toont ons de ontkieming der microsporen bij het drijvend watervaren, de Salvinia, een verwante van het roode of Amerikaansche kroos, dat sinds enkele tientallen van jaren in onze slooten en vaarten zoo uiterst veelvuldig geworden is. Hier kiemen de microsporen, drijvende op het water, met een buis, die door een barst in haar wand uitgroeit, en waar binnen zich door deeling de moedercellen der spermatozoïden vormen. Die buis kan als de aller primitiefste vorm van een stuifmeelbuis beschouwd worden, ja eigenlijk ligt het verschil met deze alleen in de plaats der ontkieming — op het water of in een bloem — en in de wijze waarop binnenin de spermatozoën ontstaan.

Want spermatozoën herbergen ook de stuifmeelbuizen der hoogere planten. Meestal slechts in beperkt aantal, — twee in elke buis, — maar ook bij Salvinia levert elke microspore slechts een klein groepje van zaaddiertjes. Het groote verschil ligt niet dáárin, maar wel in het feit, dat bij de bloemplanten de spermatozoën passief zijn, en door den groei der stuifmeelbuis en de stroomingen in deze onmiddelijke daar gebracht worden, waar zij moeten aankomen. Bij de Cryptogamen, zooals wij weten, zwemmen zij naar de plaats hunner bestemming. Om te zwemmen hebben zij trilharen, die als roeiorganen dienst doen, en zulke trilharen komen bij

de hoogere planten, waar zij nutteloos zouden zijn, niet voor.

De onderzoekingen, door Japanners en Amerikanen in den laatsten tijd gedaan over de bevruchting van de Cycadeeën en den Ginkgo hebben nu, zooals ik in den aanvang reeds aanduidde, op dit punt een geheel nieuw licht ontstoken. Zij hebben de grens verlegd. Rekende men vroeger de beide genoemde boomtypen tot de bloemplanten, en waren vrij zwemmende spermatozoën het kenmerk der Cryptogamen, thans hebben wij hier bloemplanten, die in dit opzicht Cryptogamen zijn. Hoog in den boom, in kleine druppels vocht in de vrouwelijke bloemen kiemen haar microsporen, en doen zij spermatozoën ontstaan die in de bekrompen ruimte een oogenblik vrij rond zwemmen, voordat zij de eicel vinden en bevruchten.

Voorwaar een vreemd en geheel onverwacht verschijnsel. Allerlei voorstellingen, waaraan men zich langzamerhand gewend had, werpt het omver en de oude grens tusschen de bloemplanten en de bedekt-bloeienden overbrugt het zóó, dat de tegenstanders van de afstammingsleer, — zoo die onder de plantkundigen nog gevonden worden — elders zouden moeten zoeken naar een grens, waar zij de aaneengeschakelde reeks der vormen kunnen afbreken. Op de oude, klassieke plaats bestaat die breuk zeer zeker niet meer. En daar nieuwe grenzen uiteraard kunstmatig zijn, en daardoor weinig ontzag inboezemen, zoo mag men veilig stellen dat tegenwoordig het natuurlijke stelsel van vaatcryptogamen en naaldboomen een even krachtige steun vóór de afstammingsleer is, als het vroeger daartegen een onoverkomelijke hinderpaal scheen te zijn.

Natuurlijk gedragen zich de stuifmeelkorrels en spermatozoën bij den Ginkgo en de Cycaspalmen onderling eenigszins verschillend. Trouwens in veel geringere mate, dan het uiterlijk dezer boomen zou doen vermoeden. De Ginkgo is een boom als een den, met grover takken en dikker knoppen, en met waaiervormig-driehoekige

bladeren in plaats van naalden. 's Winters is hij kaal, en bij ons bloeit hij in den regel niet, ofschoon hij in onze tuinen en parken in zijn groei niet voor de dennen onderdoet. Cycaspalmen zijn bij ons kasplanten; hun stam is onvertakt en draagt een groote kroon van lange veervormige bladeren. Een 20 tot 30 bladeren vormen samen den geheelen krans, elk blad wordt een of meer meter lang, al naar gelang der soort. Die van den gewonen Cycas zijn bij ons in Makartbouquetten, grafkransen en andere versieringen algemeen in gebruik, en als zoogenoemde palmtakken welbekend.

De vrouwelijke bloemen van den Ginkgo groeien aan lange fijne steeltjes als eikels. Maar in plaats van een stempel hebben zij aan hun top een opening, waardoor de stuifmeelkorrels, die de wind aanvoert, in een klein kamertje vallen. Hier kiemen zij, hun buitenwand barst en de binnenwand groeit tot een blaas uit. Is de tijd der bevruchting gekomen dan bevat elke blaas twee spermatozoën, die weldra vrij worden. De kamer is dan met water gevuld; hierin zwemmen de zaaddiertjes rond. Den grond van de kamer vormt de voorkiem, die in den kiemzak of macrospore ligt, en die de archegoniën met de eicellen draagt, juist zooals wij het bij de Selaginella's hebben gezien. Het eenige wezenlijke verschil bestaat daarin, dat de macrospore niet op den grond valt maar in de bloem blijft en daar de voorkiem maakt. Geschiedde de bevruchting op den grond, vrij van den boom, zoo zou er bijna geen reden zijn, om hem niet rechtstreeks tot de Cryptogamen te rekenen. Bij de Cycaspalmen zijn de kamertjes kleiner, niet veel grooter dan de halzen der archegoniën, en maken de stuifmeelkorrels buizen, die tot aan deze doordringen. In dit opzicht zijn zij echte Phanerogamen, maar in wat volgt weer Cryptogamen. Want ook hun zaaddiertjes zijn rijkelijk van trilharen voorzien en zwemmen met deze een korten tijd rond, vóórdat zij de eicel binnendringen. Zij zijn zóó groot, dat men ze met het bloote oog nog juist even zien kan. En in verband daarmede

vertoonen zij een verschijnsel dat men bij andere gewassen, om de fijnheid der voorwerpen, nog niet heeft kunnen waarnemen. Zij splitsen zich namelijk, zoodra zij in de eicel binnendringen. Hun kern ontdoet zich van de huid met de trilharen, deze blijft bij den ingang liggen, terwijl de kern zelf naar de kern der eicel gaat om zich met haar te vereenigen en haar daardoor te bevruchten.

Bij de meeste naaldboomen missen de spermatozoën de trilharen en daarmede de eigene beweging. De stuifmeelbuis brengt ze tot vlak bij de eicel. En evenzoo is het bij de gewone bloemplanten, waar de zaaddiertjes in de laatste jaren in een groot aantal gevallen aangetroffen zijn, en waar zij soms nog den schroefvorm hebben, die voor vele Cryptogamen kenmerkend is, soms echter de meer eenvoudige afgeronde vormen, die ook reeds bij de naaldboomen en Cycaspalmen optreden. Elke stuifmeelkorrel maakt er bij zijn ontkieming twee, maar hunne functiën kunnen wij eerst nader bespreken, als wij de vrouwelijke organen hebben nagegaan.

Voordat ik daartoe overga, wensch ik nog een ander onderschikt punt te noemen, dat toch zijn waarde heeft. De microsporen barsten bij hare ontkieming om haar inhoud uit te laten, hetzij dat deze een voorkiem is, of, zooals bij de Selaginella's, eenvoudig uit spermatozoën bestaat. De stuifmeelkorrels der bloemplanten barsten niet; hun buitenwand heeft kleine poriën, waardoor de stuifmeelbuizen naar buiten kunnen treden. Ook in dit opzicht gelijken nu de naaldboomen en Cycaspalmen meer op Cryptogamen, daar ook bij hen de buitenwand der stuifmeelkorrels zich met een barst opent. De uittredende buis is dan ook meer een voorkiem, wat vooral bij de Cycadeeën door haar aanzienlijke dikte, in vergelijking met de grootte van de stuifmeelkorrel, in het oog springt.

Meer ingewikkeld dan bij de mannelijke organen is de verhouding van den kiemzak tot de macrospore, en

de beteekenis der verschillende cellen in den kiemzak in vergelijking met de overeenkomstige deelen der Cryptogamen. Maar merkwaardiger wijze staan de Cycaspalmen en naaldboomen hier aan de zijde der Cryptogamen, en ligt de sprong, zoo men er een zoeken wil, tusschen hen en de bloemplanten. Trouwens, ik heb boven reeds met enkele woorden aangeduid, dat in den kiemzak der naaldboomen en Cycadeeën, juist zulk een voorkiem ontstaat als bij de Selaginella's. Het is een kleurloos, veelcellig lichaam, dat den kiemzak vult, en dat aan zijn top de archegoniën en daarin de eicellen draagt. Het aantal van die eicellen, en haar groepeering biedt bij de verschillende soorten, en dus ook met de Selaginella's, nog al punten van verschil, maar deze zijn natuurlijk van ondergeschikt belang. Het eenige wezenlijke is, dat de voorkiem niet grooter wordt dan de holte van den kiemzak, en dus binnen deze besloten blijft. Ook is de wand van dezen zak niet hard en stevig, zooals bij de afvallende sporen, maar blijft hij zacht en week, zoodat hij op de plaats, waar de spermatozoën door hem binnen moeten dringen, gemakkelijk zóó verweekt wordt, dat deze organen zoo goed als geen weerstand van hem ondervinden.

Deze voorkiem ontstaat natuurlijk vóór de bevruchting, daar zij de organen van dat gewichtig proces zelf moet voortbrengen. Dit punt, dat ons thans als zeer natuurlijk voorkomt, heeft men langen tijd miskend. Dien tengevolge heeft men de voorkiem van de dennen en hunne verwanten verward met een weefsel, dat bij de bloemplanten ook in den kiemzak, maar eerst na de bevruchting ontstaat, en dat wij weldra zullen leeren kennen als kiemwit of endosperm. Deze verwarring was aanleiding dat men de voorkiem of het prothallium der naaldboomen algemeen kiemwit noemde, en eerst in den allerlaatsten tijd is dit punt volledig opgehelderd. Daardoor echter is, bijna evenzeer als door het boven over de spermatozoën medegedeelde, de

overeenkomst tusschen de naaldboomen en de Crypgamen in een steeds helderder licht getreden.

Men noemt de bloemplanten ook wel zaadplanten en de Cryptogamen sporeplanten. Deze namen duiden het verschil eigenlijk veel juister aan. Want wat is een zaad, en wat is een spore? Het kenmerk der spore is dat zij afvalt, vóór dat de bevruchting plaatsgrijpt, ja voordat de eigenlijke organen der bevruchting, de spermatozoën en eicellen, aangelegd worden. De zaden vallen ook wel af, maar eerst langen tijd na de bevruchting. In het jonge zaad, of den zoogenoemden zaadknop, ligt de vrouwelijke spore besloten, omgeven door een weefsel dat haar niet loslaat. Daar binnen, en dus in de bloem, moet zij de eicellen voortbrengen, dáár moet zij ook de bevruchtende werking der spermatozoën ondergaan. Daarbij is de spore niet alleen door het bedoelde weefsel omgeven, maar pleegt dit zelf besloten en beschermd te zijn door een of twee zaadhuiden. Aanvankelijk laten deze aan hun top een opening, het poortje, vrij, waardoor de stuifmeelbuis naar de eicel gaat, later veranderen zij, om de schil van het zaad te vormen. Bij de dennen en Cycaspalmen vindt men slechts ééne zaadhuid, bij de hoogere planten meestal twee, maar ook op dezen regel komen hier en daar uitzonderingen voor. Bij de naaldboomen en Cycadeeën ontkiemen de macrosporen binnen in het zaad met een voorkiem en met archegoniën, juist zooals zij het bij de Cryptogamen op den grond doen; bij de bloemplanten treden in dit opzicht, zooals ik reeds zeide, zeer groote veranderingen op. Deze bestaan in hoofdzaak daarin, dat de voorkiem op den achtergrond treedt. Daarbij laat zij de eicellen vrij, maar tevens zonder wand en dus naakt. Archegoniën, dat zijn eicellen omgeven door een eigen, uit een laag van cellen opgebouwd omhulsel, ontbreken dus hier; in hun plaats treden de naakte eicellen. De voorkiem is meest zeer klein, uit een groepje van drie cellen gevormd, die wij boven reeds als de antipoden leerden

kennen, zeer zelden wordt zij grooter. Eenige kenbare beteekenis erlangt zij bij de bloemplanten nooit.

Bij de Cryptogamen en de dennen brengt elke macrospore een aantal eicellen voort. Meestal zijn het er slechts weinige, en als algemeene regel wordt er slechts één bevrucht, of, zoo er al meer bevrucht worden, gelukt het toch slechts aan een om zich tot een kiem en tot een jonge plant te ontwikkelen. Bij de bloemplanten vindt men in dit laatste opzicht juist hetzelfde. Er plegen meerdere eicellen te zijn, waarvan ten slotte slechts één, na bevruchting, de kiem levert. Deze eene wordt daarom meestal bij uitsluiting eicel genoemd, terwijl men voor de andere andere namen gebruikt.

Onder deze andere zijn er in den regel twee, die zonder bezwaar rudimentaire eicellen kunnen worden genoemd. Eicellen omdat zij ontstaan en groeien als de echte eicel, ongeveer even groot worden en met haar op dezelfde plaats, aan den top van den kiemzak, vlak onder het poortje, liggen. Rudimentair, omdat zij nooit of bijna nooit bevrucht worden, maar afsterven zonder eenige merkbare rol te spelen. Men noemt ze ook wel helpsters of synergiden, maar dit is slechts een euphemisme, want eenige zichtbare hulp verleenen zij niet. Wordt een van haar bevrucht, tegelijk met de eicel zelve, zoo ontstaan er twee kiemen, en dit geeft de plantaardige tweelingen, zooals men die soms bij het uitzaaien van Iris en enkele andere plantensoorten aantreft. Deze tweelingen zijn echte, en niet te verwarren met de philippinen der amandelen, die twee zaden in een vrucht zijn, of met de talrijke kiemen die uit de pitten van sinaasappelen en mandarijnen opgroeien, en waarvan er telkens slechts één door bevruchting ontstaan, en dus een echte kiem is.

De vruchtbare en de beide rudimentaire eicellen kunnen dus vergeleken worden met drie der archegoniën, zooals wij die bij de Selaginella's en de dennen leerden kennen.

Daarnaast bezitten de bloemplanten een vierde eicel van geheel anderen vorm en gewoonlijk veel grooter dan de drie besprokene. Deze cel heeft eigenlijk geen eigen vorm en bestaat slechts uit datgene, wat van den inhoud van den kiemzak overblijft, nadat de antipoden of voorkiem en de drie bovenste eicellen aangelegd zijn. Tot vóór zeer enkele jaren heeft men haar beschouwd als zeer ondergeschikt, zoodat zij ternauwernood een eigen naam ontving. Thans echter weet men, dat zij even goed is als de echte eicel. Want zij wordt bevrucht even als deze en doet daardoor een jong individu ontstaan. Wel is waar wordt dit geen kiem, want reeds jong offert het zich, zooals een Fransch geleerde het uitdrukt, voor zijn krachtigeren broeder op, na dezen op het eerste levenspad zooveel mogelijk geholpen te hebben. Die opofferende broeder is het kiemwit of endosperm, in aanleg en oorsprong met hem gelijkwaardig, maar in functie beperkt tot de nederige rol van verzamelplaats van voedsel, dat door den broeder wordt opgebruikt. In de zaden van erwten en boonen en vele andere planten geschiedt dit vóór het rijp worden; zij zijn later zonder kiemwit, maar bij de granen en suikerbieten en de meeste gewassen is dit orgaan nog in het zaad voorhanden en speelt het na het uitzaaien, bij de ontkieming, een belangrijke rol in de voeding der jonge plant.

Zijn aanspraak op den rang van broeder van de kiemplant heeft het niet aan deze zelfopofferende functie, noch aan zijn bouw te danken, maar uitsluitend aan de omstandigheid, dat het evengoed als de kiem, door bevruchting ontstaat. En dit leidt ons terug tot de beteekenis van de twee spermatozoën in de stuifmeelbuis, waarvan wij de verklaring boven hebben moeten uitstellen.

Enkele jaren geleden ontdekten Nawaschine in Rusland en Guignard te Parijs het verschijnsel, dat thans algemeen onder den naam van dubbele bevruchting bekend is. Bij tal van bloemplanten is het

sedert gezocht en gevonden. Elke stuifmeelbuis bevat twee spermatozoën, die in rijpe korrels nog niet voorkomen, maar aangelegd worden, als deze op den stempel ontkiemen. Zij ontstaan door kern- en celdeelingen, in de stuifmeelkorrel en treden weldra in de buis uit. In deze worden zij allengs voortgeschoven, en terwijl de top zich voortdurend verlengt, blijven zij steeds zoo dicht mogelijk bij het uiterste punt. Zoo komen zij, tegelijk met den top der buis, door den stijl, door de holte van het vruchtbeginsel, langs de zaadlijsten en door het poortje der zaadknoppen tot aan den kiemzak, juist op de plek, waar de eicel ligt. Op de plaats van aanraking worden de wanden van dezen zak weeker en geleiachtig, en door die gelei treden de beide zaaddiertjes naar binnen. Daar begeeft zich een van hen terstond naar de eicel, dringt haar binnen, en legt zich tegen haar kern aan, deze zoodoende bevruchtende. Dit is de oorsprong van de kiem der jonge plant. Het andere zaaddiertje zoekt de kern van den embryozak op, drukt zich daartegen aan, en brengt zoo ook eene bevruchting teweeg. Zonder die inwerking der spermatozoën kan noch de kiem, noch het kiemwit ontstaan.

Deze verschijnselen zijn, hoe bevreemdend ook, in de microscopische praeparaten geheel overtuigend waar te nemen, en bij mijn laatste bezoek aan Parijs had ik het voorrecht, dat Prof. Guignard mij zijne coupes onder het microscoop liet zien. Vele andere onderzoekers hebben bij andere dan de door hem onderzochte gewassen, hetzelfde gevonden, zoodat de dubbele bevruchting thans voor een groot aantal familiën, zoowel onder de een- als onder de tweezaadlobbigen, bekend is.

Er is echter een ander middel, dat een meer tastbaar bewijs kan geven. In de tijden vóór Linné kende men aan de planten geen geslachtelijke werkingen toe, en toen het vermoeden en later de zekerheid omtrent deze bij enkele plantkundigen ontstond, zocht men naar een weg, om een onweerlegbaar bewijs te leveren. Dit

bewijs vond Koelreuter in het maken van kunstmatige bastaarden. Deze vereenigden in vele gevallen de eigenschappen der beide ouders in zich, en zoo kon iedereen zich aan hen er van overtuigen, dat de samenwerking van twee elementen voor hun ontstaan was noodig geweest.

Dit beginsel laat zich nu ook op de dubbele bevruchting toepassen. Natuurlijk behoeft de bevruchting van de kiem van het zaad niet meer bewezen te worden, wel die van het kiemwit. Deze toch is iets nieuws, iets geheel onverwachts en schijnbaar in strijd met de vroeger geldende voorstellingen. De kunstmatige voortbrenging van een bastaard-kiemwit alleen kan het ontstaan van het kiemwit door bevruchting, onafhankelijk van het uiterst fijne, en slechts voor meer ingewijden toegankelijke microscopische onderzoek, bewijzen. En voor dit bewijs levert de maisplant een even gemakkelijk als overtuigend materiaal.

De gewone maiskorrels bevatten een meel, dat als maizena ten onzent wel bekend is. Zij zijn daardoor in rijpen toestand hard, van buiten hoornachtig en van binnen krijtwit. Naast deze meelmais komt een varieteit voor, die den naam draagt van suikermais. Haar korrels bevatten geen of nagenoeg geen meel, maar zijn met een oplossing van suiker gevuld. In rijpen toestand zijn zij dus niet droog, maar saprijk, en bij het drogen schrompelen zij in, worden rimpelig en doorschijnend. De meelmais heeft daarentegen gladde, ondoorschijnende korrels. Beide zijn dus zeer gemakkelijk van elkaar te onderscheiden, ook als slechts een enkele korrel van de eene soort onder de andere is verdwaald geraakt. Bastaarden tusschen deze twee soorten hebben nu meelkorrels, zij zijn dus van de suikermais in het oog loopend verschillend.

Hierop berust nu het bewijs voor de dubbele bevruchting. De vrouwelijke bloemen van de mais staan afzonderlijk van de mannelijke, de eerste vormen de kolven, de laatste de pluimen. Het is dus zeer gemak-

kelijk een kolf van de suikermais te bevruchten met het stuifmeel van de meelmais. Doet men dit, dan worden de kiemen der zaden natuurlijk bestaarden, en als men ze uitzaait geven zij planten, wier bastaardnatuur zich in haar kolven zal verraden. Is de leer der dubbele bevruchting juist, zoo moeten ook de kiemwitten bastaarden zijn, en dit moet men daaraan kunnen zien, dat zij niet suiker maar meel in zich ophoopen. Dit leert de waarneming nu, dat het geval is. En het vermogen om meel te maken kunnen zij uitsluitend aan den vader te danken hebben, niet aan hun moeder, d. i. de plant waarop zij groeien. Want die was een suikermais.

Aan zulk een bastaardkolf ziet men dus uitsluitend meelzaden. Eenmaal van de plant gescheiden, verschilt zij uiterlijk van gewone meelmaiskolven niet. Maar men kan zeer leerrijke kolven van de suikervarieteit maken, door op deze ten behoeve der bevruchting, dooréén stuifmeel van de plant zelve en van een meelmais te strooien. Men krijgt dan, dooreen, op dezelfde kolf tweeërlei soorten van korrels. En door meer stuifmeel van de eene of van de andere soort te nemen heeft men het natuurlijk in zijn macht, meer meelzaden of meer suikerzaden te doen ontstaan. Het fraaist en het leerzaamst zijn die kolven, die bijna geheel normale bevruchting kregen en dus bijna alleen suikerzaden dragen, terwijl zich daartusschen hier en daar enkele, door de kruising ontstane meelzaden vertoonen.

Zulke bastaardzaden op een overigens zuivere kolf maken een zeer vreemden indruk. Natuurlijk ontstaan zij dikwijls van zelf, op de grenzen der velden, als de verschillende varieteiten naast elkaar gekweekt worden en de wind het stuifmeel van de eene op de andere overbrengt. Men kent ze dan ook sedert langen tijd. Maar men wist niet hoe zij ontstonden, noch welke hunne beteekenis was, en eerst het microscopisch onderzoek van de dubbele bevruchting bij de leliën heeft hun ware natuur doen gissen. En toen het ex-

periment de juistheid dezer gissing bevestigde, gelukte het aan Guignard om ook in de stuifmeelbuizen der maisplanten de beide spermatozoïden op te sporen, en haar overgang in de eicel en in de aanvangscel van het kiemwit aan te toonen.

En hiermede zijn wij aan het einde van onze schets gekomen. Zij leert ons aan de eene zijde een veel grooter overeenkomst, een veel nauwer verwantschap tusschen de bloemplanten en de sporeplanten kennen, dan men vroeger ooit zou hebben durven vermoeden. Eigenlijk betreffen de verschillen slechts het uitwendige, den omslag, als ik zoo zeggen mag, dien de natuur allengs rondom de bevruchting gemaakt heeft. Maar het wezen der bevruchting is overal hetzelfde, overal worden dezelfde cellen, zij het ook langs verschillenden weg voor haar voorbereid, overal bestaat het proces zelf in de aaneenlegging van de kernen van spermatozoë en eicel, en overal ontstaat door die vereeniging een individu, dat de eigenschappen van vader en moeder in zich vereenigt. Gewoonlijk is dit individu de jonge plant, maar naast haar worden zoowel bij de bloem als bij de sporeplanten nog andere cellen bevrucht, die uitgroeien tot een kiem of een kiemwit, maar spoedig te gronde gaan.

Het stuifmeel der bloemplanten kiemt op den stempel, de sporen der lagere gewassen meest op den grond.

In die ontkieming zelve zagen wij talrijke punten van overeenkomst. Het genoemde verschil echter is de allereerste oorsprong van het overbrengen van het stuifmeel door insecten, in plaats van door den wind, en dit feit is weer de bron van dien grooten rijkdom in kleuren en vormen en geuren, dien de bloemen ons overal in de natuur te bewonderen geven. Maar de oudste bloemen hadden dien niet, zij werden nog door den wind bevrucht. En daarom moest onze schets beperkt blijven tot de hoofdzaken, die rechtstreeks met de bevruchting samen hangen, en mogen wij hier op het rijke gebied der insectenbestuiving slechts uit de verte een blik werpen.

# HOOFDSTUK II.

## BEVRUCHTING.

ONDER alle verschijnselen, die de natuur ons te bewonderen geeft, heeft steeds de erfelijkheid in de hoogste mate de verbazing en de belangstelling gewekt. Zij vormt den band, die de levende wezens onderling verbindt; zij vormt tevens den band, die de verschillende takken der biologische wetenschappen tot één groot geheel vereenigt. De verschijnselen en de voorwerpen mogen voor elke studierichting verschillend zijn, het doel is voor alle hetzelfde, en dit doel is gelegen in de verklaring der erfelijkheid. De eene wetenschap heeft meer rechtstreeks, de andere meer middellijk betrekking op dit vraagstuk. De natuurkunde van den mensch en de scheikunde der planten openen ons een inzicht in het levend organisme, zoo grootsch en zoo veel omvattend, dat de vraag naar de erfelijke oorzaken geheel schijnt weg te kunnen vallen. Maar ten slotte ligt deze toch op den grond van alles, en is een volledige verklaring der verschijnselen zonder hare beantwoording onbereikbaar.

De geographie van planten en dieren, de palaeontologie en de systematische rangschikking blijven onbegrijpelijk, zoolang de onderlinge verwantschap der organismen niet aan hare studie wordt ten grondslag gelegd. Wie er tevreden mede is, de wetenschap te behandelen als droog zand, of wie over een zoo geringe feitenkennis

beschikt, dat ook zonder onderling verband een overzicht mogelijk is, moge afstand doen van een dieper inzicht. Maar wie de overweldigende menigte van feiten heeft leeren kennen, die de laatste eeuw aan het licht gebracht heeft, begrijpt terstond, dat alleen een logisch verband in staat is, deze massa tot een levend geheel te maken. En uit dit begrip ontstaat de behoefte aan een alles omvattende theorie, aan een theorie der erfelijkheid.

Langs verschillende wegen tracht men dit doel te bereiken. Onder deze zijn er vooral twee, die in den laatsten tijd meer op den voorgrond treden. Ik bedoel het mikroskopisch en het experimenteel onderzoek. Hoe de erfelijke eigenschappen van den vader en de moeder op het kind overgaan is allereerst een punt van rechtstreeksche waarneming, maar om scherp en zeker te zijn moet deze waarneming bevrijd worden van tallooze bijkomende omstandigheden. En aan deze voorwaarde wordt het allerbeste voldaan, indien de waarnemer zelf die omstandigheden regelt, en zelf de te bestudeeren verschijnselen doet intreden. Met andere woorden: door het experiment. Daarnaast staat het mikroskopisch onderzoek. Dit leert den stoffelijken band tusschen de ouders en hunne kinderen kennen, het leert den aard van deze betrekking en hare verhouding tot de uitwendig zichtbare eigenschappen nagaan. De erfelijkheid zetelt, volgens de uitkomsten van dat onderzoek, in de kernen der levende cellen, en wel in een zeer bepaald, uiterst klein, maar hoog georganiseerd deel van deze, de zoogenoemde kerndraden. Deze kerndraden door het geheele leven te volgen, hun verandering en hun rol bij de bevruchting na te gaan, is het hoofddoel van het mikroskopisch onderzoek op dit gebied.

Hoe meer de experimenteele en de mikroskopische studiën vorderden, des te helderder begon men in te zien, dat beide tot geheel overeenkomende uitkomsten leiden. Steeds werd het duidelijker, dat men met dezelfde verschijnselen te doen had, die slechts van ver-

schillende kanten bekeken werden. Bleef in de eene richting een leemte, de andere gaf in hare feiten een vingerwijzing, hoe deze kon worden aangevuld. Onttrok zich een deel van het proces hier aan alle nasporingen, aan de andere zijde ontdekte men methoden van onderzoek. Zoo vullen beide richtingen elkander hoe langer hoe meer aan.

De kroon op deze samenwerking te zetten was echter aan een derde studierichting voorbehouden. De leer der bastaarden doet ons afwijkingen van de gewone verschijnselen van erfelijkheid kennen, die in staat zijn veel te onthullen, wat anders duister zou moeten blijven. Het spreekt dan ook wel vanzelf, dat zoowel het mikroskopisch, als het experimenteel onderzoek dit middel gretig aangegrepen hebben. Hoe zijn de kermen der bastaarden gevormd, en welk licht werpen zij op den bouw van normale celkernen? Hoe zijn de erfelijkheidsverschijnselen bij de bastaarden en welk inzicht geven zij ons in de gewone uitingen van deze natuurkracht? Ziedaar twee vragen, die rechtstreeks op het verband en dus op het binnenste wezen der levensverschijnselen gericht zijn.

Dit onderzoek is eigenlijk nog slechts in zijn begin. Maar het heeft in den loop van enkele jaren een zoo algemeene belangstelling gewekt, en met name zoo overal het denken van dier- en plantkundigen, van physiologen en anatomen, van de beoefenaars der ontwikkelingsgeschiedenis en der weefselleer in eenzelfde richting samengebracht, dat zijne beteekenis ook in wijdere kringen doorgedrongen is. Het raakt den grond van al onze opvattingen van het leven in de natuur, zoowel van de meest algemeene voorstellingen, als van de rechtstreeksche toepasssing op bijzondere gevallen, en met name op den mensch zelf.

Geen grooter dienst kan een dichter aan de wetenschap bewijzen, dan dat hij eene waarneming, die iedereen doet en dagelijks doen kan, door eenvoudige en boeiende woorden tot grooter helderheid brengt.

Menige alledaagsche ervaring komt eerst zóó tot bewustzijn, dwingt eerst onder dezen invloed tot nadenken. Dit nadenken leidt tot studie, en studie tot beschaving. En wanneer hier en daar in wetenschappelijke werken de gang der redeneering door een aangehaalden dichtregel wordt onderbroken, dan is dit niet te doen om een bloemrijken stijl, maar om een dankbare waardeering van wat door den dichter voor de wetenschap werd gedaan.

Het geheele probleem der erfelijkheid draait in hoofdzaak om de vraag naar het aandeel van den vader en de moeder aan de eigenschappen van het kind. En dit aandeel is door Goethe omschreven in de bekende versregelen:

Vom Vater hab' ich die Statur,
Des Lebens ernstes Führen;
Von Mütterchen die Frohnatur
Und Lust zu fabulieren.

De eene eigenschap heeft een mensch van zijn vader, de andere van zijn moeder. Ziedaar het feit. En ziedaar tevens de leiddraad, die door de geheele leer van feiten en van celkernen loopt, en die maakt dat een iegelijk, die dezen draad wil volgen, tot een dieper, en naar ik vertrouw, alleszins bevredigend inzicht in de beteekenis der celkernen en in de uitkomsten der proeven over bevruchting en bastaardeering kan indringen.

Het zij mij vergund te trachten, het volgende daarbij tot gids voor den oningewijde te doen strekken.

Het beginsel, door Goethe uitgesproken, is een beginsel van dualiteit. Slechts in schijn is elk mensch ten opzichte van het probleem der erfelijkheid, een eenheid. In zijn binnenste is hij een dubbelwezen. Naast elkander liggen in hem de erfstukken van zijn vader en van zijne moeder. Nu eens werken zij samen, dan weer weer werken zij elkaar tegen, nu eens overheerscht het eene, dan weer het andere. Een ieder, die de

gelijkenis van kinderen op hunne ouders bestudeerd heeft, weet dit. En dat deze regel ook voor dieren en planten geldt, zal wel geen nader betoog behoeven.

Zeer belangrijk wordt de regel echter in de praktijk der bastaardeering. De kweeker redeneert andersom. Hij kiest de vormen voor zijne kruising met het oog op zijne wenschen omtrent het product. Wat hij in één individu wil vereenigen, moet hij in de beide ouders vinden. Zoo kruist men dubbele seringen met grootbloemige, om grootbloemige dubbele te krijgen. Zoo heeft Lemoine de fraai geteekende Gladiolussen gekruist met een wilde winterharde soort, om er sierlijke, buiten overblijvende planten van te maken. Zoo is de Cactus-dahlia, door kruising met tallooze andere variëteiten, van één enkelen vorm tot een onuitputtelijke bron van verscheidenheden geworden. In graansoorten heeft men door bastaardeering de goede eigenschappen, die men in oudere soorten gescheiden vond, in hetzelfde ras samengebracht, en algemeen geldt dan ook voor de bastaarden het beginsel der dualiteit, van de onderlinge verbinding van de eigenschappen der beide ouders.

Die verbinding kan zoodanig zijn, dat men haar terstond waarneemt, of zóó, dat de afzonderlijke factoren slechts moeielijk te onderkennen zijn. Somwijlen schijnen de beide ouders in den bastaard zoo volledig dooreengemengd te zijn, dat hunne zelfstandigheid geheel verdwenen is. De bastaard maakt dan den indruk van een nieuwe eenheid, even zelfstandig als zijne ouders.

Uitwendig moge dit dan zoo zijn, inwendig is het, tenminste in vele gevallen, anders gesteld. Het dualisme is dan slechts verborgen, maar kan vroeger of later weer te voorschijn treden. Het meest bekende voorbeeld is de Bastaard-Gouden Regen, de Cytisus Adami. Aan den ingang van het dorp Bloemendaal, van de zijde van de Kleverlaan, stond voor eenige tientallen van jaren op de Buitenplaats de Rijp een groote, rijkvertakte en wijd uitgespreide heester, aan

het einde van een smallen vijver langs den straatweg, een koepeltje overdekkende. Deze heester was toen wijd en zijd bekend, en vele Haarlemmers herinneren zich nog de gewoonte, om in het voorjaar, in den bloeitijd der gouden regens, naar Bloemendaal op te gaan, teneinde dien boom te bewonderen.

Wel was hij dit waard. Want hij bloeide met drieërlei soort van trossen, vleeschkleurige, groote gele, en zeer kleine purperen. De eerste waren die van den bastaard, de tweede die van den gewonen gouden regen, en de derde die van een ouderwetsch heestertje met purperen bloempjes, dat thans weinig meer in tuinen gezien wordt. Met de bloemen kwamen de bladeren en de groeiwijze der takken overeen. Zoo groot was het verschil dat men midden in den winter zien kon, welke takken geel en welke purper zouden bloeien, en welke deelen tot het gemengde bastaardtype behoorden.

Hier heeft men dus een bastaard, die zijne dubbele natuur op eigenaardige wijze uit. Hij doet dit door splitsing, en wel door een telkens herhaalde splitsing. Daarbij komen, zuiver en onvermengd, de beide ouderlijke typen, en geen andere dan deze, voor den dag. Klaarblijkelijk zijn zij dus in den bastaard wel innig verbonden, maar niet vermengd, zij liggen zóó, dat telkens en telkens de gewone invloeden van den groei hen van elkander los kunnen maken. Zij liggen naast elkander, beheerschen samen den bouw van den bastaard, maar hebben hunne zelfstandigheid daarom nog niet verloren. Zij zijn als makkers, die langen tijd samenwerken, maar vroeger of later elk hun eigen weg kunnen inslaan.

Somwijlen is de samenwerking der beide ouderlijke erfdeelen in een bastaard zóó, dat het eene overheerscht, en het andere schijnbaar werkeloos blijft. Toch liggen zij dan in zijn binnenste naast elkander, en kunnen zij te eeniger tijd elkander verlaten. Dan splitst zich de bastaard op eenigszins eenvoudiger wijze dan in het besproken geval. Zoo b.v. bij hyacinten en tulpen,

waarvan vele zoogenaamde variëteiten bastaarden zijn en van tijd tot tijd verloopen, d. w. zeggen, bollen voortbrengen die het in den bastaard verborgen ouderlijke kenmerk in hunne bloemen te voorschijn doen komen. Zoo vond Naudin onder zijne bastaarden van den doornappel met de doornlooze variëteit enkele exemplaren, die telkens en telkens zulke splitsingen tot stand brachten. De bedoelde bastaard heeft gewoonlijk doorns als de soort, even groot en even talrijk; hij is op het gezicht van de echte soort niet te onderscheiden. Naudin's planten brachten echter, naast gedoornde, ook doornlooze vruchten voort, ja soms vruchten van wier vier kleppen één of meer glad waren, terwijl de andere zich dicht met doorns bedekt vertoonden. Maar, zooals ik zeide, lang niet alle bastaarden van den doornappel doen dit, ja het schijnt een zeldzame uitzondering te zijn, en het gelukte mij nooit onder mijne doornappel-bastaarden dit verschijnsel waar te nemen. Daarentegen bevindt zich in den Hortus te Amsterdam een ander voorbeeld, waaraan bijna telken jare zulk een uiteenvallen kan worden gezien. Het is een trosveronica, Veronica longifolia, een sierlijke overblijvende plant, die zich door uitloopers vermenigvuldigt, en die in sommige jaren met duizenden van fraaie donkerblauwe trossen gebloeid heeft. Het is een bastaard tusschen de blauwe soort en de witte variëteit, maar bloeit even donkerblauw als de soort. Toch verraadt hij van tijd tot tijd zijne dubbele natuur. En wel door het voortbrengen van zuiver witte bloemen. Nu eens zijn het geheele stengels, die van uit den grond het kenmerk der variëteit vertoonen. Want de soort en de bastaard zijn in het loof blauwachtig groen, naar het rood bruine overgaande, terwijl de witte vorm helder groene stengels en zuiver donkergroene bladeren heeft. Dan weer ontstaat aan een stengel, welks eindtros blauw bloeit, zijdelings een witte tros. Eindelijk komt het voor, dat een zelfde tros eenerzijds blauwe en aan de andere zijde witte

bloemen draagt. Het vermogen om zulke bloemen te maken, dat de planten van een harer beide ouders geërfd hebben, sluimert dus in haar, maar mist daarom de geschiktheid nog niet, om van tijd tot tijd wakker te worden en in functie te treden.

Naudin, die een uitvoerige studie van de uitwendige kenmerken van bastaarden gemaakt heeft, spreekt zijne opvatting van hun wezen uit in de stelling: »L'hybride est une mosaïque vivante«. En Macfarlane, die wel de grondigste kenner van den anatomischen bouw der bastaardplanten mag genoemd worden, verklaart, dat de eigenschappen der beide ouders gedurende het geheele leven in alle celkernen der vegetatieve organen naast elkaar blijven liggen, en dat dus elke afzonderlijke cel van een bastaard een hermaphrodiete structuur moet hebben.

De hybriden bevestigen ons dus, wat Goethe's versregelen ons voor de gewone gevallen van erfelijkheid beschreven. Elk levend wezen, ten minste elk, dat door geslachtelijke voortplanting ontstaan is, vereenigt in zich de erfdeelen zijner beide ouders. Deze liggen in hem als een mozaiek, wel innig vermengd, maar toch gescheiden. Van elk deeltje kan men den oorsprong aanwijzen, en moge een bastaard ook nog zoo oud worden, en door stekken of enten of op andere wijze ook nog zoo sterk worden vermenigvuldigd, toch blijft hij in zijn binnenste zijn dubbele natuur behouden. Deze beheerscht al zijne organen en verraadt zich nu eens meer dan weer minder duidelijk, in enkele gevallen zóó sterk, dat de beide erfdeelen geheel en glad van elkander gescheiden kunnen worden.

Steunende op deze ervaring, willen wij thans nagaan, tot welke uitkomsten de studie der celkernen, en het onderzoek naar hare beteekenis voor de bevruchting, geleid heeft.

Het geheele lichaam van dieren en planten is opgebouwd uit cellen, en in elke cel komt een kern voor. Wel vindt men hier en daar cellen, die meer dan één

kern bezitten en vooral groote, of tot lange buizen vervormde of sterk vertakte cellen kunnen soms aan kernen uiterst rijk zijn, maar dit zijn uitzonderingen, die voor onze beschouwing geen belang hebben. Daarentegen komen cellen zonder kernen niet voor, en reeds daaruit volgt de hooge beteekenis van dit orgaan. Welke die beteekenis is, blijkt nog nader uit proeven, waarin het gelukt is, kunstmatig cellen zonder kernen te maken. Ik noem hier de onderzoekingen van Gerassimow, gedaan met draadwieren van het geslacht Spirogyra. Deze bij ons zeer algemeene wieren bestaan uit reeksen van cellen, die door schroefvormige bladgroenbanden gekenmerkt zijn. Elke cel heeft in haar midden een kern, en de vermeerdering der cellen geschiedt door deeling zóó, dat telkens eerst de kern zich deelt, en dat daarna de cel zich, door een nieuwen wand juist tusschen de beide kernen door, in tweeën splitst. Wanneer men nu, terwijl deze splitsing nog niet afgeloopen is, door een plotseling ingrijpen het proces stoort, kan men het er heen leiden, dat de twee kernen samen aan den eenen kant van den nieuwen wand komen te liggen. Men bereikt dit b.v. door sterke afkoeling gedurende eenige oogenblikken. Men heeft dan ééne cel met twee kernen, en ééne zonder. De eerste vertoont niet veel bijzonders, behalve dat zij, bij hare vermenigvuldiging, steeds tweekernige cellen blijft voortbrengen. De andere echter is van de kern van haar wezen verstoken, en dit zoowel in feitelijken als in overdrachtelijken zin; zij mist zoowel de zichbare kern, als de bron van haar verrichtingen. Wat zij bezig was te doen, daarmede kan zij een tijd lang voortgaan, maar iets nieuws kan zij niet meer ondernemen. De functie der voeding gaat aanvankelijk ongestoord voort, maar het gemaakte voedsel kan niet verwerkt worden. Het hoopt zich op, en de cel wordt overvult met suiker en zetmeel, maar groeien of zich deelen kan zij niet, veel minder een nieuwe kern voortbrengen. Allengs nemen ook de aanwezige verrich-

tingen af, geen frissche kracht wordt aan de organen toegevoegd en hun zelfstandigheid is geen onbeperkte. De cel begint te kwijnen. Soms gelukt het, haar met veel zorgen gedurende eenige weken in het leven te houden, doch allengs wordt zij bleeker en bleeker, tot zij eindelijk van uitputting sterft, trots haar overmaat van voedsel.

Voor het inleiden van nieuwe verrichtingen, en voor de regelmatige voortzetting der oude is dus de medewerking der celkernen onmisbaar. Zij zijn de oorsprong van alle leven in de cellen, zij zijn de bron, waaruit deze van tijd tot tijd moeten putten, om nieuwe kracht te verzamelen. En tevens regelen zij de werkzaamheden. Tot elke verrichting moeten zij den aanstoot geven, en van haar hangt het dus af, wat een cel doen kan en wat niet. Zij zijn als het ware het centraalbureau, van waar de bevelen uitgaan, en het stel van die bevelen, dat in haar bewaard wordt, kan geacht worden te zijn het wetboek voor het geheele organisme. Elke plant en elk dier heeft zulk een wetboek, waarin alles voorgeschreven is, wat zij te doen hebben, en elke levende cel van het geheele lichaam bezit in haar kern een afschrift van dit wetboek. Regelmatig worden de bevelen uitgedeeld, en even regelmatig verloopen de ontwikkeling, de groei en het geheele leven. In verschillende cellen liggen de kernen los in het stroomend protoplasma, en kunnen de stroompjes ze verplaatsen, vooral in plantencellen; men ziet dan niet zelden dat zij zich juist naar die plaatsen begeven, waar de werkzaamheid der cel het krachtigste is, b.v. naar plaatsen van localen groei, haarvorming, enz.

Uit deze en dergelijke feiten en beschouwingen leidt men af, dat de celkernen de dragers zijn der erfelijke eigenschappen. Want om bij het zooeven gekozen beeld te blijven, schrijven de kleine wetboeken aan de levende wezens niet anders voor, dan een herhaling van de verrichtingen, die ook voor hunne voorouders kenmerkend waren. Het is dus eigenlijk slechts een andere

term. Haeckel was de eerste, die de kernen als de zetels der erfelijkheid leerde kennen, en na hem hebben vooral Oscar Hertwig en Strasburger door uitvoerige onderzoekingen deze stelling op een hechten grondslag gevestigd. Overal en telkens ziet men deze betrekking tusschen de cel en haar kern, en Haeckel's uitspraak behoort dan ook thans tot de meest algemeen erkende waarheden omtrent het wezen der erfelijkheid.

Een van de vele punten, die hier in het oog vallen, is de verhouding tusschen de grootte der kernen en der cellen. Zoolang de cellen jong zijn, krachtig groeien, hare organen ontwikkkelen en zich voorbereiden tot de verschillende werkzaamheden van haar latere leven spelen de kernen een hoofdrol. Zoodra de groei voltooid en alles geregeld is, zijn er, behoudens onvoorziene omstandigheden, zooals verwondingen of plotselinge veranderingen in de omgeving, eigenlijk geen bevelen meer noodig. In jonge cellen zijn de kernen dan ook betrekkelijk groot, en nemen zij dikwerf nagenoeg de helft van de geheele ruimte in; later echter treden zij meer op den achtergrond, en zijn zij niet zooveel grooter dan b.v. een van de talrijke bladgroenkorrels, die een cel herbergen kan.

Evenzoo zijn de kernen voornamelijk in die cellen groot, die meer in het bijzonder met de overdraging der erfelijke eigenschappen belast zijn. Ik bedoel de geslachtscellen. Deze zijn eenerzijds de eicellen, andererzijds de sperma-cellen, de spermatozoën of de oudtijds zoo genoemde zaaddiertjes. Bij de lagere planten, vooral onder de wieren, komen gevallen voor, waar een verschil tusschen de mannelijke en vrouwelijke elementen nog niet aanwezig is, en de allerlaagste organismen missen de geslachtelijke voortplanting nog ten eenen male. Over deze gevallen heb ik hier echter niet te spreken. Bij de bloeiplanten, die stuifmeelkorrels voortbrengen en deze op de stempels laten ontkiemen, teneinde door middel der stuifmeelbuizen de eicellen te bereiken, liggen de sperma-cellen in deze buizen en worden zij

passief vervoerd. Bij de Cryptogamen en bij de dieren plegen zij echter zich actief te kunnen bewegen, en door bepaalde invloeden geleid, zelven de eicellen op te zoeken.

In deze ei- en spermacellen nu zijn de kernen uit den aard der zaak het doel van haar leven. Want bij de voortplanting komt het in hoofdzaak er op aan, dat de kiem van het nieuwe individu juist dezelfde eigenschappen erlange als zijne ouders. De kernen zijn hier dan ook in verhouding zeer groot, in de spermacellen van vele planten zelfs zoo groot, dat zij het geheele lichaam dier cellen schijnen te vormen, ja dat men tot voor weinige jaren het protoplasma, waarin zij liggen, niet zien kon. Het vormt om haar slechts een uiterst dun, omhullend vlies.

De bevruchting bestaat in de vereeniging van ei- en spermacellen. Elke eicel wordt daarbij door éénespermacel bevrucht. Dit geschiedt zoo, dat het mannelijke element in haar binnen dringt, en naar haar kern voortgeschoven wordt. Of daarbij de geheele mannelijke cel of alleen haar kern naar de eikern gaat, kan men in de meeste gevallen niet zien. Maar onder de Cycaspalmen, wier bladeren bij ons in Makart-bouquetten thans zoo algemeen bekend zijn, komen voorbeelden voor, waar men onder het microscoop duidelijk eene scheiding waarneemt. Is hier de spermatozoë in de eicel binnen gedrongen, zoo splitst hij zich in kern en hulsel, het laatste blijft liggen, en alleen de kern dringt verder door. Hier bestaat de bevruchting dus klaarblijkelijk in hoofdzaak uit de vereeniging van twee celkernen, want het bedoelde hulsel speelt verder hoegenaamd geen rol. Alles pleit er voor, dat dit voorbeeld slechts een geval is, waar men gemakkelijk zien kan wat er gebeurt, maar dat in beginsel toch overal hetzelfde geschiedt. Men neemt dan ook algemeen aan, dat de verbinding der beide kernen het essentieele der bevruchting is. Men noemt de bevruchting, bij het microscopisch onderzoek, dan ook niet zelden de copulatie der beide kernen.

Waarin bestaat nu deze kern-copulatie?

Het antwoord op deze vraag is gegeven door den Belgischen onderzoeker Van Beneden. Aanvankelijk vond het wel is waar weinig ingang, maar allengs hebben verschillende geleerden meer feiten aan het licht gebracht, en in de laatste tijden hebben zich de bewijzen zóó opgehoopt, dat Van Beneden's opvatting als even goed bewezen beschouwd moet worden, als de best bekende stellingen op dit zoo moeilijke gebied.

Van Beneden's antwoord was, dat de beide kernen zich eenvoudig tegen elkander aanleggen, doch daarbij hare zelfstandigheid niet verliezen. Moge haar verbond ook zoo innig worden, dat men geen grens meer zien kan, toch blijft elk wat zij was. En dit wel gedurende het geheele leven. Elke kern is dus een dubbelwezen, bestaande uit een vaderlijke en een moederlijke helft. Van Beneden noemde die beide helften voorkernen, omdat zij de kernen zijn, zooals zij reeds vóór de bevruchting bestonden. Maar al laat hij haar levenslang dien naam behouden, toch beschouwt hij ze als geheel zelfstandig. Eerst later, bij de voortbrenging van nieuwe geslachtscellen, meende Van Beneden, dat deze voorkernen elkander weder verlaten, en ook in dit belangrijk opzicht is zijne meening sedert door de ervaring bevestigd.

Elke kern, in elke cel van het lichaam, is dus dubbel, en bestaat uit de vaderlijke en de moederlijke voorkern. Samen beheerschen deze het leven en de ontwikkeling, samen bevatten zij alle daartoe noodige voorschriften en deelen zij deze uit. Of liever het is duidelijk, dat elk van haar een geheel wetboek bevat, maar dat beiden copieën zijn van een zelfde model.

Zoo voert dus het microscopisch onderzoek tot hetzelfde beginsel van dualisme, dat Goethe in zijn eigen natuur getroffen heeft, en dat wij overal, zoowel bij de normale bevruchting als bij de bastaarden, terug vinden. Blijven in elk individu de voorkernen, die het van zijn vader en van zijne moeder geërfd heeft, zelfstandig,

dan begrijpen wij hoe het mogelijk is, dat ook in het latere leven somwijlen een uiteenvallen in die beide typen gezien wordt. Dan wordt zelfs de Haarlemsche Bastaard-Gouden-Regen tot een verklaarbaar verschijnsel.

Het is aan Van Beneden niet gelukt, het volledige bewijs voor zijne stelling te leveren. Wel kon hij aantoonen, dat nog bij de eerste celdeeling in de jonge kiem de beide voorkernen te herkennen zijn, maar daarna werd de grens onzichtbaar. Andere voorbeelden dan de door hem bestudeerde, waren noodig. Tal van soorten van dieren en planten moesten onderzocht worden. Eindelijk gelukte het, gevallen te vinden, waar duidelijk te zien was, wat Van Beneden slechts vermoedde. In ons regenwater leeft veelvuldig een klein diertje, dat met het bloote oog nog goed te zien is, en voor aan den kop één groot oog draagt, waarom het eenoog of Cyclops genoemd wordt. Het behoort tot de kreeftsoorten. In dit diertje en in een aantal zijner verwanten ontdekten Rückert en Häcker het besproken verschijnsel, de dubbelheid der kernen. Na de bevruchting blijven hier de beide voorkernen duidelijk zelfstandig, na elke celdeeling herkent men ze. Aanvankelijk gaat dit gemakkelijk, allengs echter wordt haar verbinding inniger, en is de grens dus onduidelijker te zien. In de eene soort der eenoogigen gaat dit nu sneller, in de andere langzamer, maar vroeg of laat verdwijnt toch bij alle de grens voor het oog. In sommige soorten geschiedt dit echter, in de organen waarin de geslachtscellen moeten ontstaan, zóó laat, en dus zóó korten tijd voor het begin van dit proces, dat men veilig zeggen kan, dat de zelfstandigheid der voorkernen levenslang bewaard blijft.

Een ander, wellicht nog fraaier en sprekender voorbeeld, ontdekte onlangs Conklin bij verschillende soorten van slakken, en met name bij eene Crepidula-soort.

Dit schijnt de algemeene regel te zijn. Bij het eene dier wordt de grens spoediger, bij het andere trager onzichtbaar. Maar altijd neemt het verband tusschen

de beide voorkernen bij toenemende ontwikkeling, in innigheid toe. Trouwens hoe gecompliceerder bij den opbouw des lichaams de regelende rol der kernen wordt, des te grootere eischen worden aan de samenwerking der voorkernen gesteld, en des te nauwkeuriger moeten zij dus over haar geheele grensvlak aaneensluiten. Aanvankelijk moge daarbij een plat vlak voldoende zijn, maar men mag zich voorstellen, dat allengs tal van bochten en uitstulpingen het vlak van aanraking zullen vergrooten. En natuurlijk zal dit voor ons onderzoek de duidelijkheid der grens doen afnemen.

Voor deze dualiteit van alle lichaamskernen in wezens, die zich door bevruchting vermenigvuldigen, pleiten hoe langer hoe meer stemmen. Voor de planten wordt het beginsel voornamelijk door Dangeard en Maire verdedigd, onder de dieren vindt men bij zeesterren en zeeëgels, bij de insekten en de slakken en bij sommige visschen duidelijke bewijzen. Aan de algemeenheid van het verschijnsel kan thans geen twijfel meer bestaan.

Dit toegegeven, ontstaat de vraag, hoe de beide voorkernen samenwerken bij de beheersching der levensverschijnselen. Om dit na te gaan is het echter noodig een blik te slaan in haar inwendigen bouw.

Reeds de oudere onderzoekers wisten, dat de celkernen geenzins zonder structuur zijn, maar dat, tenminste in bepaalde gevallen, een verschil tusschen haar inwendige deelen gemakkelijk te zien was. Maar eerst in de laatste helft der vorige eeuw gelukte het op dierkundig gebied aan Flemming, en voor de planten aan Strasburger, om methoden te ontdekken, die een diepere studie van deze structuur veroorloofden. Zij vonden kleurstoffen, die bepaalde bestanddeelen wel, en andere niet kleurden, en toonden daarmede de aanwezigheid aan van draden in een overigens doorschijnende massa. Sedert zijn deze draden, onder den naam van kerndraden, algemeen bekend geworden. Overal vindt men ze, en het onderzoek draait vooral om hen.

Natuurlijk, want de verschijnselen, door Flemming en Strasburger aan deze draden waargenomen, leidden al spoedig tot de gevolgtrekking, dat alleen zij de dragers der erfelijke eigenschappen bevatten. Het overige deel der kernen is als het ware slechts de ruimte, waarin zij zich bewegen, tevens de bron van het voedsel, dat zij noodig hebben. Het wordt meestal kortweg als kernvocht aangeduid. Het is een massa, wier consistentie juist zóó is, dat zij de kerndraden in staat stelt op hun plaats te blijven, en hunne eigenaardige, hoogst samengestelde bewegingen ongestoord uit te voeren.

Deze bewegingen bestaan hoofdzakelijk in afwisselende verkortingen en verlengingen. En wel op groote schaal. Kort en dik, als kleine staafjes in het eene uiterste, schijnen zij in het andere honderde malen langer en dunner te zijn. Zij vinden dan in de kern geen ruimte om recht te blijven, maar moeten zich tot een kluwen samenwikkelen. Hier en daar, misschien zeer algemeen, zenden zij ook nog zijtakjes uit. Als staafjes plegen zij min of meer stervormig rondom het midden der kern te liggen. Dienovereenkomstig bestempelt men de beide uiterste toestanden als het sterrestadium en het kluwenstadium. In het sterrestadium begeven zich de kerndraden ten behoeve der vermenigvuldiging van de kernen en de cellen door deeling, in het kluwenstadium daarentegen om alle artikelen voor hun wetboek, zoover die juist noodig zijn, vrij en ongehinderd door de overigen, op de cel te kunnen doen inwerken. Vandaar dat bij elke vermenigvuldiging de cellen door deeling kluwenstadium en sterrestadium met elkander afwisselen.

Eerst wanneer alle cellen aangelegd zijn, komt ook deze wisseling tot rust, en blijven de kerndraden voortaan in den toestand van kluwen.

Men kan alle draden in een kern samenvatten als den kerndraad. Duidelijker is het echter, wanneer men elken draad afzonderlijk zoo noemt. Elke kern

bevat dan een zeker aantal kerndraden of chromosomen. En daar in beide voorkernen dit aantal uitteraard zoo goed als steeds hetzelfde is, vindt men de kerndraden in de lichaamscellen nagenoeg steeds in even aantal. Het meest gewone aantal is 24, maar ook 12 en 8 komen veelvuldig voor, en bij enkele diersoorten vindt men zelfs uiterst talrijke, doch bij de spoelwormen daarentegen nog minder chromosomen in een kern.

Trots hunne wisseling in vorm, en trots de enorme verschillen in lengte en dikte die zij telkens doorloopen, blijven de kerndraden levenslang en door alle celdeelingen heen dezelfde. Dit hoogst belangrijke feit, dat door Boveri ontdekt en door hem en zijne volgelingen door talrijke waarnemingen gestaafd is, vormt den grondslag voor onze tegenwoordige opvatting van de betrekking tusschen de kerndraden en de erfelijke eigenschappen. Het kluwenstadium vormt slechts schijnbaar een toestand, waarin alles onordelijk door elkaar gaat, in werkelijkheid heerscht hier even goed orde en regelmaat, als in het sterrestadium, waar men die zooveel gemakkelijker zien kan.

Boveri heeft ontdekt, dat elke kerndraad met een zijner beide uiteinden aan den kernwand is bevestigd, en levenslang bevestigd blijft. Dit punt is zijn vaste punt, van waaruit hij zich verlengt en zich in de meest verschillende richtingen tusschen de overige kerndraden inschuift, en waarop hij zich zelfs uit het meest verwarde kluwen, met volkomen zekerheid terugtrekt. Bij sommige zeeëgels en sommige insecten is de kernwand duidelijk geplooid, en ligt de inplanting der kerndraden telkens tusschen twee plooien. In zulke gevallen kan men de zelfstandigheid dezer draden van het eene sterrestadium door den kluwen heen tot aan het volgende met groote scherpte vaststellen. De jongste onderzoekingen in deze richting zijn die van Sutton, over de kernen van een sprinkhaansoort. Hier ligt in elke lob, tusschen twee plooien, één kerndraad en ziet men elken draad zich, van uit het sterrestadium verdunnen

en verlengen en tot een kluwen worden, lang voordat zij elkander bereiken en zich tot een gemeenschappelijk kluwen vervormen. En later keeren zij op dezelfde wijze weer uit het kluwen naar hunne lobben terug.

Bij dezen sprinkhaan zijn de afzonderlijke draden van een celkern niet even lang. Men herkent duidelijk langere en kortere, en daartusschen een reeks van verschillende lengten. Zijn de draden dun en gewonden, zoo valt dit verschil natuurlijk niet in het oog, maar zijn zij tot op hun grootste dikte en geringste lengte ingekrompen, zoo is het duidelijk te zien. Het is zoo sprekend, dat men in reeksen van opeenvolgende celdeelingen, die dus telkens met het kluwenstadium afwisselen, de afzonderlijke chromosomen herkennen en vervolgen kan. Dit pleit in de eerste plaats voor de zelfstandigheid dier draden, en is daarvan misschien het meest in het oog springende bewijs. Maar tevens geeft het een middel om het verband tusschen de beide voorkernen te bestudeeren. En dit wel in een geval, waarin zooals gewoonlijk een grens tusschen die beiden niet te zien is. Want ziet men nauwkeurig toe, zoo liggen de kerndraden altijd paarsgewijs. Telkens zijn er twee van gelijke lengte en liggen die naast of bij elkander. Klaarblijkelijk behoort van elk paar er een tot de vaderlijke en een tot de moederlijke voorkern, en hebben dus beide voorkernen niet alleen evenveel maar ook even lange kerndraden. Wat trouwens haast van zelf spreekt, omdat beide de dragers zijn van hetzelfde stel van erfelijke eigenschappen.

In de kerndraden kan men niet zelden onderverdeelingen zien. Zij bestaan dan uit kleinste min of meer korrelvormige lichaampjes, die door een bindmiddel tot een soort van snoer verbonden zijn. Deze kerndraadkorrels zijn somwijlen onderling tot grootere groepen vereenigd, en waar dit regelmatig het geval is, kan men daardoor wel niet tot een rechtstreeksche telling, maar toch tot een voldoend nauwkeurige schatting van het aantal dezer korrels komen. Zoo vond

Eisen in de kernen van een soort van salamander in elke voorkern 12 kerndraden, die elk gemiddeld uit 6 duidelijk onderscheidbare deelen bestonden. En in elk dezer deelen kon hij gemiddeld wederom 6 korrels als de allerkleinste zichtbare bestanddeelen onderscheiden. Dit geeft dus ruim 400 eenheden voor elke voorkern.

Is nu elke kleinste zichtbare eenheid de daagster van één enkele erfelijke eigenschap en zijn wij daarmede aan de grens van den te verwachten bouw der kernen gekomen? Laat het microscoop ons reeds toe, tot in de fijnste structuurbizonderheden in te dringen, of is er reden om aan te nemen, dat die structuur nog fijner is? Om deze vraag te beantwoorden zouden wij moeten weten, hoeveel erfelijke eigenschappen een salamander, of in 't algemeen een der hoogere dieren of planten heeft. Dit na te gaan zou ons echter veel te ver voeren, maar het is niet moeilijk tot de overtuiging te komen dat een duizendvoudige samenstelling veel waarschijnlijker is dan een honderdvoudige, dat wij niet met enkele honderden, maar eerst met eenige duizenden van kenmerken een plant of dier zoo volledig zouden kunnen beschrijven, dat op alle eigenschappen behoorlijk gelet was. Wel verre van de werkelijk laatste eenheden voor te stellen, moeten dus de kleinste zichtbare bestanddeelen nog zelven samengesteld van bouw zijn en, naar schatting, minstens elk een tiental kleinere eenheden omvatten.

Errera heeft onlangs getracht na te gaan, hoever men vermoedelijk, bij het microscopisch onderzoek, nog van de bereikbare grens verwijderd is. Dat hangt van twee zaken af, n.l. van de verbeteringen, die nog aan onze microscopen mogelijk zijn, en dan van den bouw der stof uit scheikundige moleculen. In de samenstelling van het microscoop gaat thans de theorie aan de ervaring vooruit, maar toch volgt deze haar op den voet. Iets kleinere deeltjes dan men nu zien kan, zal men nog wel zichtbaar kunnen maken, maar men is vrij dicht bij de grens, tenzij nieuwe, onverwachte hulpmiddelen

mochten ontdekt worden. De vermoedelijke samenstelling der kerndraadkorrels ligt dus juist op de grens van wat men waarschijnlijk binnen niet al te langen tijd zal kunnen zien.

Uit hoeveel scheikundige moleculen een kern of een cel bestaat, kan men uit verschillende gegevens berekenen, ten minste globaal en onder bepaalde veronderstellingen omtrent den aard der moleculen. Zoo schat Errera de kleinste zichtbare bacteriën of Micrococcus-soorten op een grootte, overeenkomende met minder dan 30,000 moleculen eiwit. In vergelijking met cellen en kernen zijn zulke bacteriën uiterst klein, maar niet in vergelijking met kerndraden. Ook weet men niet hoeveel moleculen te samen moeten gevoegd zijn om bij de hoogst denkbare volkomenheid onzer optische hulpmiddelen een zichtbaar korreltje te geven. Maar voorloopig kunnen wij ons tevreden stellen met de wetenschap, dat ook hier de ervaring de uiterste grenzen van het microscopisch zichtbare reeds zeer merkbaar nadert.

Na dit overzicht van den inwendigen bouw der beide voorkernen keeren wij terug tot hare onderlinge vereeniging tot kernen. Deze vereeniging begon met de bevruchting. Hoe lang duurt zij? Blijven de voorkernen altijd verbonden, of nemen zij vroeg of laat afscheid van elkander? Deze vragen zijn in het algemeen zeer gemakkelijk te beantwoorden. Want de beide geslachtscellen, die in de bevruchting bijeenkomen, bezitten elk slechts ééne voorkern. Daaruit volgt, dat wanneer de generatie zelf weer geslachtscellen, d. i. dus eicellen en spermacellen gaat voortbrengen, daarbij de kernen in hare voorkernen moeten uiteen vallen. In de lichaamscellen daarentegen blijven de voorkernen levenslang verbonden. Door alle kerndeelingen heen, tot in den hoogsten ouderdom der organen en der cellen blijven zij elkander trouw, en blijven zij eendrachtiglijk de levensverrichtingen regelen en beheerschen. Natuurlijk afgezien van die zeldzame uitzonderingen van vegetatieve

bastaardsplitsingen en dergelijke verschijnselen, als wij in het begin besproken hebben.

Dus kunnen wij ons thans beperken tot het optreden van nieuwe ei- en spermacellen. Deze plegen in groepjes van vieren te ontstaan, waarbij trouwens bij de eicellen in den regel slechts één uit elke groep zich normaal ontwikkelt en geschikt wordt voor bevruchting. De andere gaan verloren, zij moeten voor die eene plaats maken. Bij de dieren pleegt nu het afscheid der beide voorkernen onmiddelijk aan het ontstaan van die groepjes van vieren vooraf te gaan. Bij de planten echter ligt er tusschen dit proces en het ontstaan der geslachtscellen meestal een reeks van celdeelingen, bij de varens zelfs een geheele, met het ongewapend oog zichtbare en vrij levende generatie in. Hier vinden wij het zeldzame geval dat het leven en de bouw der planten meer ingewikkeld zijn, dan de overeenkomstige verschijnselen in het dierenrijk. Alles wat ligt tusschen het oogenblik, waarop de beide voorkernen afscheid nemen en dat, waarop de bevruchting plaats vindt, heet in het plantenrijk sexueele generatie. En het is duidelijk dat al de cellen van die generatie slechts vrije voorkernen bezitten. Men ziet dit dan ook aan het aantal van de chromosomen of kerndraden, dat hier steeds de helft bedraagt van het aantal derzelfde organen in de gewone cellen van het lichaam. Want evengoed als dit aantal door de bevruchting wordt verdubbeld, wordt het bij het afscheid der voorkernen weer op het normale teruggebracht. Numerisch gereduceerd noemt men dit met een geleerden term.

De sexueele generatie, — de voorkern-generatie dus — heet bij de varens het prothallium of de voorkiem. Uit de bruine sporen, die op de achterzijde der varenbladeren zitten, ontkiemt een klein plantje, plat, vliezig, donkergroen, meest hartvormig van gedaante. Het kan de grootte van een centimeter bereiken. Daarop ontstaan de eigenlijke geslachtsorganen, die de eicellen en de spermatozoën voortbrengen. In een druppel

water zoeken de laatste de eerste op, om ze te bevruchten. De bedoelde bruine sporen bezitten reeds voorkernen, zij ontstaan door de zooeven bedoelde deelingen van cellen in groepjes van vieren. De cellen, die zich zoo deelen, noemt men dan de moedercellen.

Uit de bevruchte eicel, die dus dubbelkernig geworden is, ontstaat het jonge varenplantje: weldra ziet men eerst een, dan meerdere blaadjes te voorschijn komen. De geheele varenplant blijft dan dubbelkernig, tot zij begint met nieuwe sporen te maken.

Bij de bloeiende planten leeft de sexueele generatie niet vrij, maar blijft zij binnen de zaadknoppen en de meeldraden besloten. Zij is dien overeenkomstig, vooral bij de hoogere gewassen, belangrijk ingekort. Toch vormt zij een afzonderlijke, hoewel kleine, periode in het leven. Zij begint met het afscheid der voorkernen. Daarop volgt in de meeldraden de productie van de stuifmeelkorrels en in deze de vorming der beide spermacellen. In de zaadknoppen komt eerst de productie van den kiemzak, terwijl de drie zustercellen van dezen te loor gaan, en in dien zak ontstaat dan door een reeks van celdeelingen de eicel.

Het spreekt van zelf dat voor onze beschouwingen, in den levens-cyclus der individuen, den ontogenetischen cyclus zooals hij door Hubrecht genoemd wordt, deze geheele sexueele-generatie slechts van ondergeschikt belang is, en dat het afscheid der beide voorkernen, haar aanvang dus, het punt is, waarop alles aankomt. Het is dan ook niet meer dan natuurlijk, dat dit punt van de eerste tijden der nieuwere kernstudiën af, in de allerhoogste mate de belangstelling der onderzoekers gewekt heeft. Met profetischen blik vatte Van Beneden het in zijn juiste beteekenis op. Maar ongelukkiger wijze knoopte hij daaraan beschouwingen vast die geen ingang konden vinden. Hij meende toch dat het het mannelijk en het vrouwelijk beginsel waren, die bij de bevruchting vereenigd werden, en die dus later, vóór de volgende bevruchting,

weer gescheiden moesten worden. Door het uitstooten van de eene voorkern zou dus de eicel uit een tweeslachtige lichaamscel vrouwelijk, en zoo tot bevruchting geschikt worden. In deze beschouwingen willen wij den grooten geleerde echter niet volgen.

Vóór het afscheid zijn de grenzen der voorkernen wel altijd onzichtbaar geworden. Want wij hebben boven gezien dat zij na de bevruchting meestal zeer spoedig, somwijlen wat trager, soms zelf zeer laat, maar toch ten slotte wel altijd, verdwijnen. Men kan dus niet rechtstreeks zien, dat zij elkander verlaten. Daarentegen hebben de nieuwere methoden van onderzoek, en vooral het kleuren van kerndraden in hun samengetrokken toestand, het voor een groot aantal gevallen mogelijk gemaakt, deze deelen te tellen. Zoodat dus het meest in het oog loopend verschijnsel van het bedoelde afscheid bestaat in de vermindering van het aantal der kerndraden tot op de helft. Was het heele aantal kenmerkend voor de lichaamscellen, het halve is dit voor de sexueele cellen. Of juister de lichaamskernen hebben een dubbel, de sexueele cellen een enkelvoudig aantal kerndraden.

Deze overweging heeft Dangeard, Strasburger en andere geleerden geleid tot een zeer eigenaardige beschouwing over de kernen van die laagst georganiseerde wezens, die nog geen bevruchting kennen. Komt het aantal hunner kerndraden overeen met dat van de lichaamscellen der hoogere dieren, vragen zij. En het antwoord is: geenszins. Het moet integendeel juist de helft daarvan bedragen, want pas toen op deze wereld voor het eerst bevruchting plaats vond, werd het aantal der kerndraden voor het eerst verdubbeld. Al die lagere wezens hebben dus eigenlijk slechts voorkernen. Zij heeten trouwens in de stelselkunde sinds lang Protophyten en Protozoën, d. w. z. voorplanten en voordieren. En zij zijn dit in den waren zin des woords in zoo verre, als zij in dit opzicht met de sexueele generatie, dus b.v. met de voorkiemen der varens

overeenkomen. Het geheele, zoo uiterst gecompliceerde lichaam der hoogere dieren en planten wordt dus volgens deze voorstelling een gevolg der bevruchting. Zoolang deze op de wereld ontbrak, bleef de organisatie overal laag en onbeteekend. Eerst toen dit middel tot samenwerking door de toenmaals levende wezens ontdekt werd, werd de grondslag voor alle hoogere ontwikkeling gelegd. Zoo gold reeds voor millioenen van jaren, lang vóór de oudste tijden, waaruit ons fossiele overblijfselen bekend zijn, de spreuk: Eendracht maakt macht.

Maar ik sprak over het afscheid der beide voorkernen bij de hoogere wezens. Dit geschiedt dus niet kort na de bevruchting, maar eerst veel later, min of meer onmiddellijk vóór de productie der geslachtscellen voor de volgende generatie. In het voorbeeld van den sprinkhaan, dat wij aan Sutton ontleenden, liggen de kerndraden twee aan twee, overlangs tegen elkander aan. Om zich van elkander te verwijderen, moeten zij zich dus overlangs van elkander losmaken. Dit is dan ook, wat bij het afscheid der voorkernen algemeen gezien wordt. Veelal liggen de kerndraden zoo dicht aaneen, dat zij schijnen paarsgewijze één enkel lichaam te vormen, en men krijgt dan den indruk, dat de kerndraad zich overlangs splijt. Dit is dan ook de term, die gewoonlijk voor de beschrijving van het verschijnsel gebruikt wordt.

Veel is er over geschreven, of deze zoogenoemde splitsing steeds overlangs, of wel in sommige gevallen ook dwars zou geschieden. Bij sommige insekten, sommige zoetwater-kreeften, weekdieren en wormen ziet men de beide kerndraden op het laatste oogenblik vóór de scheiding nog met een hunner uiteinden aan elkander hangen, en het laatste afscheid geschiedt dus door een loslaten in dwarsche richting. Maar de nieuwste onderzoekingen wijzen er op, dat hier een principieel verschil niet aanwezig is, en voor het plantenrijk heeft Strasburger onlangs uitvoerig aangetoond,

hoe zulk een dwarsche »splitsing« toch eigenlijk slechts een bijzonder geval van het gewone verschijnsel van het overlangsche loslaten is. De Sinety, Cannon en anderen hebben dit zelfde denkbeeld voor insekten en andere zeer bekende voorbeelden uitgewerkt. Wij kunnen dus veilig aannemen, dat de kerndraden vóór het afscheid paarsgewijze overlangs tegen elkander aanliggen, en elkander dus bij dat afscheid ook overlangs loslaten. In elk paar liggen de beide gelijkwaardige kerndraden van de vaderlijke en de moederlijke voorkern bijeen. Dit belangrijke feit volgt niet alleen uit de bovenaangehaalde waarnemingen van Sutton, maar vooral uit de hoogst belangrijke, rechtstreeks op dit punt gerichte onderzoekingen van Boveri. Het ligt trouwens voor de hand, dat de overeenkomstige erfelijke eigenschappen van den vader en de moeder, om met vrucht samen te kunnen werken, zoo nauwkeurig mogelijk bij elkander gebracht moeten worden.

Hebben wij thans gezien, hoe lang de beide voorkernen samen blijven en wanneer zij afscheid nemen, zoo moeten wij nog even een blik slaan op den overgang der vaderlijke en moederlijke voorkernen van een mensch, dier of plant op zijne kinderen. Dat wil dus zeggen op de betrekking van de voorkernen van een organisme tot die zijner grootouders. En daarmede dus op de stoffelijke verwantschap tusschen grootouders en kleinkinderen in het algemeen.

Want de kernen splitsen zich in hare voorkernen zoowel bij het ontstaan der eicellen als bij de vorming der mannelijke geslachtscellen. Hieruit volgt, dat een deel, in den regel de helft, der eicellen een voorkern van den grootvader, en de andere helft een voorkern van de grootmoeder zal krijgen. Hetzelfde geldt voor de sperma-cellen. Bij dieren en bij tweehuizige planten spreekt dit van zelf. De eicellen en de spermacellen vormen dus twee groepen, die elk uit elementen met twee verschillende typen van voorkernen bestaan. Er kan dus, bij het toevallig samentreffen van eicellen

en sperma, wat de kernen betreft, vierderlei combinatie plaats hebben. Een grootvaderlijke kern kan een grootmoederlijke bevruchten en omgekeerd. Maar evengoed kan een spermatozoë met een grootvaderlijke kern een eicel met eveneens grootvaderlijke kern bevruchten, terwijl ook twee elementen die beide grootmoederlijke kernen bezitten zich kunnen vereenigen. Volgens deze beschouwing zouden dus grootouders drieërlei soort van kleinkinderen kunnen hebben, n.l. die op beide grootouders of alleen op een van beiden gelijken.

Deze beschouwing gaat echter in vele opzichten mank. Allereerst omdat elk der grootouders zelf in zijne cellen dubbelkernen had, en een vergelijking dus niet zóó eenvoudig is. Maar verder om een andere reden, en het is om deze duidelijk te maken, dat ik de beschouwing vooropgesteld heb.

Ik heb namelijk dáárbij aangenomen, dat de beide voorkernen afscheid nemen, zooals zij bij elkaar gekomen waren, volkomen zelfstandig en zonder op elkaar eenigen veranderenden invloed uit te oefenen. Deze voorstelling nu is wel zeer eenvoudig, maar niet met de feiten in harmonie. Integendeel, alles pleit er voor, dat tijdens haar samengaan de voorkernen op elkander een zeer groote werking hebben, en dat deze ten doel heeft de erfelijke eigenschappen, waarvan zij de dragers zijn, op de meest verschillende wijzen met elkander te verbinden.

Om dit duidelijk te maken moet ik echter eerst uiteen zetten, wat in de natuur de beteekenis is der sexueele voortplanting. Ik heb dus de vraag te beantwoorden, wat in het algemeen het doel der bevruchting is. Dit hangt ten nauwste samen met de ongelijkheid der individuen, met de algemeene variabiliteit. Wij bewonderen de schitterende en bijna oneindig genuanceerde kleuren der Haarlemsche hyacinten. Maar wij bewonderen ook de groote gelijkvormigheid der bedden. Een enkele tros van een andere tint of van een anderen vorm, die zich hier of daar in een vak mocht vertoonen,

komt ons voor als een stoornis van het harmonische geheel. Maar hoe eentonig zou het leven zijn, als de menschen eens onderling even gelijk waren als de hyacinten op een bed. De oorzaak van het verschil ligt in de wijze van vermenigvuldiging. De hyacinten op zulk een bed zijn niet door uitzaaien verkregen, maar ontstaan uit de zijbolletjes van één enkelen bol. Wel niet in een jaar, maar in den loop van eenige jaren, toch uitsluitend door zulke vegetatieve deeling. Zij verhouden zich tot elkander als de duizenden bloemtrossen op een kastanjeboom, alleen met dit verschil, dat het verband is opgeheven.

Zoo is het algemeen: ongeslachtelijke voortplanting geeft eenvormigheid, geslachtelijke geeft afwisseling.

Zeker is die eenvormigheid niet altijd zoo groot, als zij ons in Haarlem's omstreken toeschijnt. Het is een oude stelling, dat niet alle bladeren van een boom onderling gelijk zijn. De tegenwoordige methode van statistisch onderzoek leert ons nagenoeg overal afwisseling kennen, talrijke kleine en enkele groote afwijkingen vertoont, bij nauwkeurige studie, wel elk kenmerk. Maar haar grootsten omvang bereikt de veranderlijkheid toch eerst met behulp der geslachtelijke voortplanting.

Planten en dieren ondergaan levenslang den invloed hunner omgeving. Gunstige omstandigheden en vooral goede voeding bevorderen den groei en de ontwikkeling. Voor de eene eigenschap meer, voor de andere minder, voor alle naar gelang van het tijdstip waarop zij inwerken. Maar de levensvoorwaarden wisselen in de natuur sterker, dan waar de mensch, kunstmatig, tracht ze gelijk te houden, in dit verklaart een groot deel der gewone variabiliteit.

Dit vermogen om zich te plooien naar de omstandigheden, en de daardoor ontstane individueele verschillen zijn nu voor het leven van de allerhoogste beteekenis. Men kan veilig beweren, dat verreweg de meeste soorten alleen daardoor de bezwaren, die haar door andere in den weg gelegd worden, te boven

komen. En de rol van die veranderlijkheid is in de menschelijke maatschappij geen andere dan in de natuur. Onder de menschen toont zij zich daarin, dat ieder voor zich den meest geschikten werkkring uitzoekt. Want hoe volkomener dit gelukt, des te grooter wordt natuurlijk het arbeidsvermogen der geheele maatschappij. Opvoeding en onderwijs behooren, het is nog onlangs door Hubrecht krachtig verdedigd, voornamelijk in elk kind zijn individueelen aanleg zoo ver mogelijk te ontwikkelen en tot bewustzijn te brengen. Hoe meer dit bereikt wordt, des te grooter worden de verschillen tusschen de menschen, en des te vollediger kan aan alle eischen der maatschappij worden voldaan.

In het plantenrijk geschiedt hetzelfde, maar grover, naar een lager ideaal. De plant moet blijven groeien waar zij ontkiemt, slechts weinige soorten kunnen van haar eerste standpunt uit een beter opzoeken, en dat nog meestal slechts op zeer kleinen afstand. Klimmende stengels, lange uitloopers en andere zeer beperkte middelen staan slechts aan enkele ten dienste. De levensomstandigheden zijn dus voor elk individu vooruit bepaald, het kan ze niet uitkiezen. Uit deze moeilijkheid redt zich nu de natuur door het voortbrengen van een overmaat van zaad. Op elk beschikbaar plekje ontkiemen veel meer planten dan er later kunnen leven. En is er nu tusschen deze kiemen verschil genoeg, dan zal er allicht een onder zijn, die juist voor die plaats past. Wat de hoogere dieren bereiken door zich te verplaatsen, dat bereiken de planten door het opofferen van groote aantallen van exemplaren.

Zoo hangt het welslagen van elke soort, onder de omstandigheden waaronder zij nu eenmaal leeft, in de allerhoogste mate van de individueele verschillen in haar midden af. En daarmede rust dan ook de gansche vooruitgang in de organische natuur in hoofdzaak op dat proces, dat de groote bron der veranderlijkheid is. Alleen de laagst georganiseerde planten en dieren missen de geslachtelijke voortplanting ten eenen male.

Onder de hoogere komen wel is waar hier en daar typen voor, die zich eveneens tegenwoordig slechts ongeslachtelijk vermeerderen, maar dit zijn meestal gevallen van aanpassing aan een zeer speciale levenswijze, zooals bij parasieten en bij afvalplanten.

Wij stellen thans de vraag: Gegeven kleine individueele verschillen, en gegeven de versterking van deze door de onvermijdelijke wisselingen in de levensomstandigheden, welk middel bestaat er dan, om de afwisseling onder de individuen zoo groot mogelijk te maken, m. a. w. om de kans zoo ver mogelijk te verhoogen, dat voor elk plekje, elk gaatje, een geschikt exemplaar te vinden zal zijn?

Dit middel ligt in het beginsel der permutatiën en combinatiën. Wanneer de afzonderlijke eigenschappen van verschillende individuen eenvoudig dooreengemengd worden, en deze menging verder aan het toeval wordt overgelaten, zoo moeten, in reeksen van gevallen, alle mogelijke groepeeringen ontstaan. De waarschijnlijkheidsrekening stelt ons dan in staat, om vooruit te berekenen, wat er komen kan, en hoe dikwijls elke groepeering voorkomen moet. Zij doet ons het maximum van verschillen verwachten, en leert tevens, dat op geen andere wijze dit maximum te bereiken is.

Ziedaar het beginsel der geslachtelijke voortplanting. Zij combineert de verschillen, die in de individuen eener zelfde soort voorhanden zijn, en groepeert die in de nakomelingen op alle denkbare wijzen. En daardoor zorgt zij, dat onder al die nakomelingen altijd een voldoend aantal gevonden worden, die juist passen voor de omstandigheden, die het leven hun aanbiedt.

Keeren wij thans tot de celkernen terug. Wij hebben gezien, dat de beide voorkernen, die, afkomstig van den vader en de moeder, levenslang met elkander verbonden blijven, elkander ten slotte, ten behoeve der voortplanting, gaan verlaten. Zij deden dit echter niet zonder op elkaar een veranderenden invloed uit te

oefenen. Welke is deze invloed? Of liever hoedanig moet hij zijn, om te voldoen aan onze gevolgtrekkingen omtrent het nut der sexueele voortplanting? Het antwoord is, dat een uitwisseling moet plaats vinden van de dragers der erfelijke eigenschappen, en wel eene vermenging, zóó, dat slechts het toeval beslist, wat elke voorkern van haar eigen eigenschappen behoudt en wat elk van de andere overneemt.

Natuurlijk is deze uitwisseling, zelfs onder het beste microscoop, onzichtbaar. Om haar te bestudeeren moet men hare gevolgen nagaan in de eigenschappen der kinderen. En daartoe dienen ons de bastaarden, bij welke de permutaties en combinaties veel gemakkelijker kunnen worden bestudeerd dan bij de normale bevruchting. En het zij voorloopig opgemerkt, dat de wetten, die Mendel voor de variëteitsbastaarden ontdekt heeft, precies voldoen aan de eischen der waarschijnlijkheidsregelen, en dus volkomen beantwoorden aan de voorstelling eener slechts door het toeval beheerschte uitwisseling.

Ik wensch echter de bespreking van deze hoogst belangrijke ontdekking nog uit te stellen, teneinde mijn betoog omtrent hetgeen er in de celkernen gebeurt en gebeuren moet, niet af te breken. Het microscopisch onderzoek toch leert allerlei feiten, die voor de beoordeeling dezer uitwisseling van belang zijn. Allereerst spreekt het van zelf, dat de uitwisseling plaats moet vinden vóór het afscheid der beide voorkernen, want van dat oogenblik af gaat elk harer haar eigen weg. Dus vóór het begin der sexueele generatie; bij de bloemplanten vóór het ontstaan van den embryozak en de stuifmeelkorrels, bij de varens vóór het ontkiemen van de voorkiem of het prothallium. Verder ziet men gemakkelijk in, dat de uitwisseling niet kan geschieden terstond na de bevruchting, want dan is het verband tusschen de beide voorkernen nog te oppervlakkig. Dit verband wordt slechts allengs inniger, en dit maakt het waarschijnlijk, dat de uitwisseling

betrekkelijk laat plaats zal grijpen, waarschijnlijk eerst korten tijd vóór het afscheid der voorkernen. Men kan vermoeden, dat de geheele uitwisseling van alle stoffelijke dragers der erfelijke eigenschappen in eens geschiedt, en dan ligt het voor de hand, aan te nemen, dat dit oogenblik onmiddellijk aan het afscheid voorafgaat. En werkelijk ziet men op dat oogenblik afwijkende verschijnselen in de celkernen, die op eene bijzondere verrichting wijzen. Maar ik mag mij hier niet in vermoedens omtrent bijzondere punten begeven, en de juiste bepaling van het oogenblik der uitwisseling is voor de hoofdzaak toch slechts van bijkomend belang.

Een andere vraag is, hoe men zich de uitwisseling moet voorstellen. In de verlengde, tot een kluwen gevormde kerndraden moet men aannemen, dat de stoffelijke deeltjes, de boven besproken kleinste eenheden, op eene lange rij naast elkander liggen, tenminste zoover zij nog bij de variabiliteit een rol te spelen hebben. Nu wijst de geheele uiterst gecompliceerde, maar bewonderenswaardig fraaie en doelmatige bouw der kernen er op, dat niet alleen wat wij thans reeds kunnen zien, maar ook wat voor ons voorloopig nog verborgen is, even doelmatig moet zijn ingericht. Voor de uitwisseling moeten de kerndraden der beide voorkernen precies op elkander passen, zoodat de vertegenwoordigers der zelfde eigenschappen zoo dicht mogelijk bijeen komen. Dit was reeds de eisch voor hare samenwerking in het gewone cellenleven, hoeveel te meer geldt dit voor dit allerfijnste proces.

Trouwens, het spreekt van zelf, dat bij de uitwisseling niet oog tegen oor, of neus tegen tand geruild wordt, maar dat ook hier de stelling geldt, oog om oog en tand om tand. Men behoeft dit beginsel slechts uit te werken, om tot een juist inzicht te komen. De beide voorkernen vertegenwoordigen elk de geheele soort, met al hare eigenschappen. Deze zijn dus, afgezien van bastaardvormingen, voor beide precies dezelfde. Alleen heeft de gunst des levens deze

bevorderd, de ongunst der omstandigheden gene tegengewerkt. Elke drager van een eigenschap vindt in de andere voorkern zijn overman, als drager van hetzelfde kenmerk. Maar in bijzaken, in het meer of minder volkomen vervullen van hun taak, verschillen zij. En juist om die verschillen is het bij de uitwisseling te doen. Juist die moeten in alle denkbare combinaties gebracht worden, teneinde in de som van alle de meest mogelijke verscheidenheid te brengen.

Uit de omstandigheid, dat de uitwisseling der eigenschappen niet terstond op de bevruchting volgt, mag men afleiden, dat de beteekenis van de sexueele voortplanting niet beperkt is tot de betrekking van de kinderen tot de ouders, maar zich uitstrekt tot de verhouding van de grootouders tot de kleinkinderen. Immers eerst in deze laatsten komen de verschillende combinaties der grootouderlijke eigenschappen tot haar volste ontplooiing. De kans, om iets goeds te worden en om in het leven te slagen, heeft iemand dus meer aan zijn grootouders dan wel aan zijn ouders te danken. En het is dus meer dan een gewoon voorrecht, om de jeugd zijner kleinkinderen en de langzaam zich vestigende keuze hunner levensrichting te mogen gadeslaan.

De individueele eigenschappen der menschen in verband tot die hunner ouders en grootouders, dat is dus de overerving der lichaamskenmerken en geestesgaven, vormen een onderwerp, dat hoe langer hoe meer de aandacht boeit, en waaromtrent onze kennis in de laatste jaren in steeds toenemende mate is uitgebreid. Maar deze studie eischt nauwkeurige metingen en zeer uitvoerige vergelijkingen, en het is geenszins een gemakkelijke taak, hare uitkomsten in eenvoudige voorbeelden duidelijk te maken. In wellicht nog hoogere mate geldt dit voor de individueele verscheidenheid tusschen soortgenooten in het dierenrijk en in het plantenrijk. In gemengde rassen, zooals honden en duiven, vallen de verschillen terstond in het oog, maar in zuivere rassen herkent eerst een ervaren waar-

nemer elk afzonderlijk individu. De herder kent al zijn schapen, maar een vreemde herkent ze niet. Toch vormen die voor den leek onzichtbare verschillen juist die verscheidenheid, waarop de keuze der individuen in het leven berust.

Verreweg gemakkelijker is het, de overerving der kenmerken na te gaan, wanneer men daartoe bastaarden uitkiest. En vooral, zoo men bastaarden kiest, wier ouders zoo nauw mogelijk verwant zijn, opdat niet door te groote onregelmatigheid in de samenwerking der beide voorkernen, storingen in het normale verloop zouden ontstaan. Daarom kiezen wij de bastaarden tusschen variëteiten eener zelfde soort. Want juist voor deze heeft, zooals ik reeds opmerkte, Mendel in eene serie van allermerkwaardigste proeven de geldigheid der waarschijnlijkheidswetten ontdekt.

Om de beteekenis der variëteiten voor de leer der bastaarden, en dus in het algemeen voor de bevruchting, duidelijk te maken, moeten wij echter allereerst nagaan, wat wij hier onder variëteiten te verstaan hebben. Want omtrent weinig begrippen heerscht zooveel verwarring en zooveel verschil van meening als juist omtrent dit punt. De kweekers en de plantenliefhebbers noemen alles variëteit of verscheidenheid wat zij niet beschouwen als een oorspronkelijke wilde soort. Zelfs de bastaarden rekent men er toe, vooral als men, zooals dikwijls, wel hun moeder maar niet hun vader kent. En in grootere groepen hoort men ook niet zelden de echte soorten als verscheidenheden van een gemeenschappelijk type behandelen. In de stelselkunde der planten groepeert men vormen, die men niet belangrijk genoeg acht, om ze als afzonderlijke soorten te beschrijven, als variëteiten onder hunne naaste verwanten. Daarbij hoort men gewoonlijk de meening uitspreken, dat variëteiten van soorten onderscheiden zijn door hare onstandvastigheid en door haar vermogen om van tijd tot tijd tot de soort terug te keeren. Aan dit vermogen, dat zich vooral dikwijls op kweeke-

rijen en in tuinen openbaart, zou men dan kunnen herkennen, wat variëteiten zijn en wat soorten.

Dit terugkeeren, of, zooals men het wel noemt, dit atavisme, is zeker een der beste kenmerken der variëteiten. Maar het is geenszins een enkelvoudig verschijnsel, dat voor alle dezelfde beteekenis heeft. Integendeel, het geschiedt bij de eene verscheidenheid op geheel andere wijze dan bij de andere. Om dit duidelijk te maken, is het noodig twee groepen van variëteiten te onderscheiden. Ik kies daartoe de namen van constante en inconstante variëteiten, en bespreek eerst de eerste.

De constante variëteiten zijn feitelijk even standvastig als de soort, waartoe zij behooren. Daarenboven plegen zij met die soort niet door overgangen verbonden te zijn, maar zijn zij van haar even scherp en volkomen gescheiden als soorten onderling. Men noemt ze variëteiten, omdat men haar verschilpunt met de soort van ondergeschikt belang acht. Het is meestal slechts een oppervlakkig kenmerk, waarom het te doen is, een van die kenmerken, waaraan men bij de onderscheiding van wilde soorten en van geslachten weinig gewicht hecht. Het meest bekende voorbeeld is de bloemkleur, en het bekende voorschrift van Linné: vertrouw vooral niet op de kleur, in verband met zijne beperking van het systematisch onderzoek tot de soorten, toont aan, hoe weinig beteekenis men daaraan hechtte. De roode, witte en blauwe hyacinten met hun tallooze schakeeringen, de roode en witte camellia en zoovele andere worden als variëteiten eener zelfde soort beschouwd.

Wil men weten of zulk een variëteit constant is, dan is het natuurlijk niet voldoende haar door stekken of scheuren te vermenigvuldigen, maar moet men haar zaad winnen en uitzaaien. De bloemen met fraaie kleuren plegen door insecten te worden bestoven, deze brengen het stuifmeel deels van de eene bloem derzelfde plant op de andere, deels van de eene plant op

een ander individu. Groeien en bloeien nu de variëteit en de soort, waartoe zij behoort, dicht bijeen, zoo vliegen de bijen, hommels en vlinders van de eerste naar de tweede en omgekeerd, en dit is te gemakkelijker, omdat de vorm der bloemen dezelfde is, en zij dus hun wijze van binnenvliegen en van zuigen niet telkens behoeven te veranderen. Het gevolg zal echter een kruising zijn, het zaad zal niet zuiver kunnen wezen. En deze onzuiverheid zal natuurlijk des te grooter zijn, naarmate de beide vormen dichter bijeen, of zelfs op hetzelfde bed dooreen bloeien, en naarmate het kleurverschil op de bestuivende diertjes minder indruk maakt. Van een gemengd perk zal dus niemand verwachten zuiver zaad te oogsten, ook al neemt hij het van iedere plant afzonderlijk. Maar op kweekerijen en in tuinen is het een uiterst gewoon verschijnsel, dat de bedden met de verschillende variëteiten eener zelfde soort dicht bijeen gezien worden.

Om dus de vraag te beantwoorden of een variëteit constant is, moet men maatregelen nemen voor eene zuivere bevruchting. De eenvoudigste is, dat men in zijn tuin de bijbehoorende soort in het geheel niet kweekt, ten minste als men zeker weet dat zij ook in omliggende tuinen of perken niet bloeit. Want de insecten vliegen natuurlijk over schuttingen en muren heen. Anders moet men de plant onder een stolp van gaas of in een goedsluitenden zak van dun, perkamentachtig papier laten bloeien en zoo noodig zelf het stuifmeel op de stempels brengen.

Onder deze voorzorgen heeft Hildebrand het zaad van witte hyacinten gezaaid en ze geheel constant bevonden. Evenzoo bleken wit bloeiend vlas, witte Lathyrus, witte Phlox en tal van andere witte en roode variëteiten volkomen standvastig te zijn. Een witte variëteit van vingerhoedskruid heeft Hoffmann dertig jaren lang gekweekt, zonder ooit eene afwijking te zien. En zoo gaat het telkens, wanneer men de proef zuiver neemt; van een terugkeer tot de soort is daarbij niets te bespeuren.

Vanwaar dan die heerschende voorstelling van de onstandvastigheid der variëteiten? Deze vindt haar oorsprong in het zaaien van vrij bestoven, dus onzuiver zaad, en moet herleid worden tot den tijd, toen men omtrent de werkzaamheden der insecten nog geen voldoende kennis had en dus niet kon weten, wat er vereischt wordt, om zuiver zaad te winnen. Gaan wij daartoe na, wat er gebeurt, wanneer men zijn zaad zonder al die voorzorgen kiest en uitzaait. Dan ziet men den terugslag of het atavisme in zijn volle kracht. En wel merkwaardiger wijze steeds zóó, dat de soort onder den invloed der kruising niet schijnt te lijden; zij blijft even standvastig alsof er niets gebeurd was. En juist dit bevestigt den kweeker in zijne meening dat zij de soort is. Maar de variëteit gedraagt zich anders. Wel komt zij uit de meeste zaden met haar eigen kenmerk op, maar niet uit alle. Deze laatste nemen de bloemkleur der soort aan, en wel in de volle mate. De variëteit keert terug tot de soort uit welke zij haar oorsprong genomen heeft, zegt men, en daaraan ziet men dat zij eene variëteit is. Deze conclusie geef ik gaarne toe, maar de verklaring is niet een spontane terugkeer, een ontplooien van lang verborgen voorouderlijke eigenschappen, maar eenvoudig een bastaardeering met de soort.

Dat dit zoo is, blijkt eenerzijds uit de zooeven vermelde rechtstreeksche proeven over de constantie, en aan de andere zijde uit proeven omtrent de gevolgen der kruising. Want zoo ik de bloemen eener witte variëteit, met uitsluiting van haar eigen stuifmeel, voorzie van het bevruchtend poeder van de rood of blauw bloeiende soort, en ik zaai het zoo gewonnen zaad, dan krijg ik geen mengsel, en geen witte bloemen, maar uitsluitend bastaarden met de kleur der soort. En dit verklaart dus den gedeeltelijken terugslag der kleurvariëteiten op even eenvoudige als natuurlijke wijze. Kruis ik nu de soort met hare variëteit zoo krijg ik weer uitsluitend bastaarden, en ook deze hebben

de kleur der soort. Maar juist daarom kan ik ze van hunne moeder niet onderscheiden, en zal ik dus uit het zaad van de soort, ook al is het onzuiver bestoven, geen afwijkingen zien te voorschijn komen.

Evenzoo gedragen zich constante variëteiten, wanneer een ander kenmerk dan de bloemkleur het verschil met de soort uitmaakt. Allereerst de vruchtkleur, zooals bij witte aalbessen, gele pruimen enz. Dan de kleur van het loof, zooals bij de roodbruine beuken, hazelaars en tal van andere planten. Het is een uiterst bekende ervaring, dat de minste onzuiverheid in de bestuiving, veroorzaakt door de nabijheid van een groenbebladerd exemplaar, hier onder het zaad een aantal, en dikwijls een groot aantal van zulke, schijnbare, atavisten doet ontstaan. Een zeer gewoon kenmerk van variëteiten is de sterke insnijding der bladeren en der bloembladen; de eerste worden fijnslippig, de laatste krijgen fraaie franjes aan den rand. Bij kruising met de soort, hetzij toevallige of kunstmatige, gaat dit kenmerk verloren, maar bij zuivere bestuiving kan het onbeperkt blijven heerschen, in den loop van tallooze generatiën, zonder eenige uitzondering. Onbehaarde perziken noemt men nectarinen, van den gewonen acacia komt een variëteit zonder stekels voor, en zelfs van den doornappel, bekend om het stramonium dat hij levert, komt een variëteit voor met gladde vruchten zonder doorns. Deze doornappel is een gemakkelijk te kweeken, eenjarige plant, met groote vruchten en groote zaden. Bijna alle onderzoekers die kunstmatige kruisingen uitgevoerd hebben, hebben hem bij voorkeur gebruikt. De verschijnselen, die hij daarbij toont, behooren dus tot de best bekende. Maar zij komen juist op hetzelfde neer als wat wij zooeven voor de bloemkleur zagen. Elke vorm afzonderlijk is volkomen constant: bij kruising geven zij bastaarden met doorns, dus met het kenmerk der soort.

Zoo zou men verder kunnen gaan. De groep der constante variëteiten is een zeer omvangrijke en de verschilpunten met de soort zijn uiterst wisselende.

Maar de constantie is overal volledig, en de terugkeer tot de soort mist evenmin, maar wordt overal door kruising veroorzaakt.

Natuurlijk beweer ik niet, dat er bij variëteiten nooit een echt, spontaan atavisme zou voorkomen. Maar zulke gevallen zijn uiterst zeldzaam, en als zij bij zaaiplanten voorkomen, juist om de kansen van kruising niet gemakkelijk te bewijzen. Toch is er geen twijfel aan, dat zij somwijlen optreden, en enkele voorbeelden zijn zelfs in den handel te verkrijgen en dus voor iedereen toegankelijk. Ik bedoel den terugkeer van heesters of boomen, door zoogenoemde knopvariatie, tot de soort, waarvan zij afstammen. Dit verschijnsel komt op het eerste gezicht overeen met wat wij in het begin besproken hebben omtrent de splitsing van bastaarden in hunne knoppen en takken. Maar bij nader overleg is er een zeer belangrijke tegenstelling. De variëteitsbastaard heeft het kenmerk der soort; splitst hij zich, zoo brengt hij dus een tak voort met het variëteitskenmerk. Zoo brengt b. v. de blauwe Veronica-bastaard somwijlen een tros voort met witte bloemen. Als echter de variëteit terugslaat, heeft de tak het kenmerk der soort. Zoo ziet men somwijlen, aan witte of bleek-rose heesters van Ribes sanguineum een tak met roode trosjes. De witte kan geen bastaard zijn, want die zou rood moeten bloeien en wij hebben dus hier een duidelijk geval van terugslag.

Iedereen kent de Taxus-heesters met opgaande in plaats van horizontaal uitstaande takken. Haar prachtig maar somber, donker groen loof doet ze dikwerf te zamen met cypressen kweeken. Deze Taxus-heesters slaan nooit tot den stamvorm terug. Daarentegen heeft een verwante soort, Cephalotaxus, juist zulk eene variëteit, die telkens in sommige takken terugslaat. Zij draagt nooit zaden, en wordt dus alleen door stekken vermenigvuldigd, waarbij zij dat merkwaardige splitsingsvermogen behoudt. Zij is in den handel en kan dus gemakkelijk in tuinen en parken gekweekt worden,

waar zij dan telken jare en soms op den duur in oudere takken die twee verschillende typen op één stam toont. De variëteit groeit recht omhoog, de takken der soort staan horizontaal uit. De eerste keert haar bladeren naar alle zijden, de laatste draagt ze in twee rijen, links en rechts. En juist zoo doen de toevallig, door atavisme, aan de variëteit optredende takken.

Deze voorbeelden van atavisme door knopvariatie bij overigens typische variëteiten geven ons tevens een inzicht in het eigenlijke wezen van haar kenmerk. In de eerste plaats moet het opvallen, dat al de besproken verschilpunten teruggebracht kunnen worden tot één enkel, nl. de afwezigheid, in de variëteit, van één bepaalde eigenschap der soort. Zoo mist de een de blauwe of roode kleur van bloem of vrucht of loof, de ander mist de haren, doorns of stekels, een derde groep mist den bijzonderen horizontalen groei der takken. De variëteit ontstaat dus, om het zoo uit te drukken, uit de soort door het verloren gaan van een of andere eigenschap, die voor die soort kenmerkend was. En zoo is het, tenminste bij constante variëten, zeer algemeen. Haast elk kenmerk kan op die wijze verloren gaan. Zelfs de uitloopers onzer aardbeziën kan dit lot treffen, en in menigen tuin kweekt men bij voorkeur variëteiten zonder uitloopers. Ook meeldraden en stampers kunnen verloren gaan, en zulke steriele variëteiten kan men dan alleen door scheuren of enten of andere vegetatieve vermenigvuldiging voortplanten.

Gaat zoo dus een kenmerk verloren, verdwijnt het dan ook in de inwendige structuur der planten spoorloos? Die inwendige structuur hebben wij leeren kennen in de celkernen en hare draden. Wij vragen dus welke verandering in die draden plaats vindt, wanneer uitwendig een zichtbaar kenmerk verdwijnt. Natuurlijk kunnen wij niet verwachten, daaromtrent in de kerndraden zelve iets te zien, want volgens de berekening die ik uit Eisen's salamander-studie heb aangevoerd, zouden wij daartoe minstens tienmaal kleinere deeltjes

moeten kunnen waarnemen, dan thans mogelijk is. Wij moeten dus onze gevolgtrekkingen afleiden uit de physiologische verschijnselen. En wanneer wij nu zien, dat door een witbloeiende variëteit het vermogen om roode bloemen te maken, en wel van een rood dat precies met dat der soort overeenkomt, van tijd tot tijd, zij het ook hoogst zelden, ontplooid wordt, dan moeten wij besluiten dat dit vermogen niet in den waren zin des woords verloren is, maar dat het slechts tijdelijk onwerkzaam geworden is. Zoo komen wij tot een hoogst belangrijke stelling, die door Darwin zeer uitvoerig behandeld en in haar groote beteekenis ontvouwd is, ik bedoel de leer der latente eigenschappen. In de variëteit is het kenmerk, dat het verschilpunt met de soort uitmaakt, niet afwezig, maar onwerkzaam, inactief, slapend, rustend, verborgen of latent, of hoe men het noemen wil.

Passen wij dit nu toe op de kerndraden, en vergelijken wij de celkernen van de soort met die der variëteit. Het verschil ligt dus in één of in enkele kenmerken die in de kerndraden der soort actief, in die der variëteit inactief zijn. Maar het aantal kenmerken, of liever het aantal der kerndraadkorrels die de dragers van afzonderlijke eigenschappen zijn, is in beide hetzelfde. Het is bij het ontstaan der variëteit onveranderd gebleven. Daaruit volgt allereerst, dat bij de kruising eener soort met hare variëteit de kerndraden precies even goed op elkaar passen als bij gewone bevruchting. Afgezien van de bedoelde verschilpunten is dus hoegenaamd geen stoornis te verwachten. Noch de kruising zelve, noch ook het leven en de ontwikkeling der bastaarden, noch ook hunne vermenigvuldiging behoeven bemoeielijkt te zijn. En de ervaring leert dan ook, dat varieteitsbastaarden even gemakkelijk gewonnen worden, even krachtig, ja soms zelfs krachtiger groeien, en vooral even vruchtbaar zijn als de soort zelf. Alles gaat heel gewoon, en volgt de regelen van het normale proces.

Overeenkomstig onze algemeene beschouwingen heb-

ben wij thans voor dit bizondere geval twee punten na te gaan. Ik bedoel de gevolgen der bevruchting en die van de uitwisseling der eigenschappen bij het ontstaan der sexueele cellen.

De eerste hebben betrekking op de eigenschappen der bastaarden, de laatste doen hun invloed in hunne nakomelingen kennen. In de bastaarden zelven ligt dus ten opzichte van het verschilpunt, het vertegenwoordigende deeltje in de eene voorkern in actieven, in de andere in inactieven of latenten toestand. Men zou nu kunnen verwachten, dat zij te zamen de eigenschap slechts halverwege zouden kunnen tot stand brengen, en dus een lichtere blauwe kleur of een dunnere beharing voor den bastaard verwachten. Maar de ervaring leert dat dit niet zoo is, en dat het actieve deel even veel of nagenoeg even veel bewerken kan wanneer het alleen is, als beide te zamen zouden kunnen doen.

Echter heb ik over de bastaarden zelve reeds zooveel gesproken, dat het tijd wordt tot hunne nakomelingen over te gaan. Dus tot de gevolgen van de uitwisseling der eigenschappen. Ik beschouw daartoe eerst het verschilpunt afzonderlijk, om het eerst daarna in verband te brengen met de overige eigenschappen. En daar de uitwisseling alleen in dit verband beteekenis heeft, kan ik die voorloopig ook weglaten.

Knoopen wij dus aan onze vroegere uiteenzetting van het afscheid der beide voorkernen vast, en nemen wij een bastaard van een witbloeiende en een blauwbloeiende soort aan. Wij hebben dus in de eene voorkern den vertegenwoordiger van het blauw, die in de andere onwerkzaam is, en dus de bloemen kleurloos of wit zou laten. Bij het ontstaan der stuifmeelkorrels verlaten de voorkernen elkaar, de helft werkt voor blauw, de andere helft werkt voor wit. Evenzoo bij het ontstaan van de kiemzakken en de eicellen in de jonge zaden; in de eene helft der eicellen zijn de bedoelde deeltjes actief, in de andere inactief. Wat zal nu het gevolg

zijn, als de bastaard zich zelf bevrucht. Sommige voor blauw bestemde stuifmeelkorrels zullen evenzoo gestemde eicellen bevruchten, en er zullen planten ontstaan die geen bastaarden meer zijn, maar in beide voorkernen de kiemen der blauwe bloemkleur bevatten. Andere voor blauw bestemde stuifmeelkorrels zullen eicellen met de dragers van het varieteitskenmerk bevruchten, en er zullen bastaarden gevormd worden. Ongeveer dezelfde beschouwing geldt voor de andere helft der stuifmeelkorrels, die met de dragers van het kenmerk der variëteit, dus met de latente of inactieve kleurbewerkers. Van die helft moet de eene helft eicellen met dezelfde richting, en de andere helft eicellen van de tegenovergestelde richting treffen. In het eerste geval krijgen wij dus geen bastaarden, maar zijn de jonge planten krachtens beide voorkernen wit van bloem, in het andere zijn de voorkernen ongelijk en hebben wij dus wederom bastaarden.

De kinderen van een variëteitsbastaard omvatten dus vier typen. Ten eerste zuiver blauwe, ten tweede bastaarden, ten derde zuiver witte en ten vierde weer bastaarden. En uit de gegeven uiteenzetting laat zich gemakkelijk berekenen, dat de kans voor elk dezer vier typen dezelfde is, en dat zij dus, in een eenigzins omvangrijk zaaisel, in gelijk aantal zullen optreden.

Hiermede zijn wij gekomen tot het beginsel der bastaardsplitsingen, zooals dit geruimen tijd geleden door Mendel bij een onderzoek naar de bastaarden van erwtensoorten ontdekt is. Dit beginsel, waarvan men eerst voor korten tijd de hooge waarde heeft leeren inzien, leert ons dat bij kruisingen van variëteiten in het algemeen geldt, wat wij in ons voorbeeld zagen, dat voor de bloemkleur gebeuren moet. Overal, waar het verschil tusschen de beide ouders zich beperkt tot één punt, dus tot ééne eigenschap die in den eenen actief en in den anderen inactief is, moeten de bastaarden bij zelfbevruchting drieërlei nakomelingen geven. Van die typen komen er twee geheel met de beide

ouders overeen, terwijl het derde, dat het dubbele aantal individuen omvat, wederom uit bastaarden bestaat. Deze bastaarden zijn juist gelijk aan die der eerste generatie, en zullen zich dus in hunne kinderen weer juist op dezelfde wijze kunnen splitsen.

Talrijke proeven hebben het bewijs voor deze stelling geleverd, en aangetoond dat het proces dezer splitsingen overal op dezelfde wijze verloopt, en van den aard van het kenmerk onafhankelijk is. In het bijzonder noem ik de doornlooze doornappels en de onbehaarde variëteiten als voorbeelden. Het zou mij te ver voeren, deze feiten hier uitvoerig te bespreken.

Maar uit onze berekening volgt een zeer belangrijk punt. Ik bedoel de gevolgtrekking dat de kinderen dezer bastaarden wel onderling ongelijk zijn, maar feitelijk niets nieuws vertoonen. Zij herhalen de typen hunner grootouders en ouders, maar daarbij blijft het. Dit voert ons terug tot den aanvang van onze bespreking over dit geval van kruising, waar ik voorgesteld heb eerst één enkel verschilpunt afzonderlijk te beschouwen, om het daarna in verband te brengen tot andere.

Gaan wij thans tot dit laatste over. Ook hier loopen theorie en ervaring zoo geheel parallel, dat het vrij onverschillig is, welke men vooropstelt. Nemen wij twee variëteiten aan, die niet in één kenmerk onderling verschillen maar in meerdere. Dan zal bij de kruising voor de zichtbare eigenschappen voor den bastaard hetzelfde gelden als voor ons meer eenvoudige voorbeeld, en zal van elk verschilpunt de actieve eigenschap in den bastaard ook actief zijn, terwijl van de latente daarbij weinig of niets te bespeuren valt. Hier is dus de onderscheiding niet van groot belang. Maar bij de uitwisseling der eigenschappen korten tijd vóór de productie van nieuwe geslachtscellen zijn thans de kansen andere geworden. Ten opzichte van elk verschilpunt toch geschiedt in den regel de uitwisseling onafhankelijk van de overige. En daaruit volgt, dat ook hier weer de kanswetten van kracht moeten zijn,

en dat dus nieuwe combinatiën tot stand zullen kunnen komen. Verschillen de beide ouders in bloemkleur en in de doorns der vruchten, zoo zijn er vier combinatiën mogelijk: gekleurde bloemen met bedoornde vruchten, ongekleurde bloemen met doornlooze vruchten, maar ook gekleurde bloemen en doornlooze vruchten en ongekleurde bloemen met bedoornde. Van deze vier combinatiën komen er natuurlijk twee overeen met de grootouders, maar twee zijn er nieuw. Alle vier treden zij in bepaalde getalsverhoudingen op, en de proeven hebben geleerd, dat deze diegene zijn, die men uit de kansrekening kan afleiden. Zoo kan men verder gaan, en kruisigen met drie, vier of meer verschilpunten tusschen de ouders uitvoeren, en tevens de te verwachten uitkomsten vooraf berekenen. Zoo b. v. bij de roode en witte koekoeksbloem, waar tevens de tanden der doosvruchten verschillen, en waarbij men van de een een behaarden en van de ander een onbehaarden vorm kan kiezen. Afgezien van zeer bizondere gevallen leert dan de ervaring, dat de theorie overal van toepassing is.

Uit een en ander mag worden afgeleid, dat de uitwisseling der erfelijke eigenschappen vóór het afscheid der voorkernen zóó geschiedt, dat elk paar zich in den regel onafhankelijk van de andere gedraagt. En geldt dit zoowel voor onze bastaarden als voor de normale bevruchting, dan volgt daaruit dat werkelijk deze uitwisseling een onovertroffen middel is, om de verscheidenheid der individuen te bevorderen. Alle denkbare combinatiën van de voorhanden eigenschappen kan zij tot stand brengen. Bij soorten, wier vermenigvuldiging niet zeer aanzienlijk is, zal allicht het aantal combinatiën veel grooter zijn, dan het aantal individuën dat ontstaat, zoodat, ten minste in korten tijd en in niet te omvangrijke familiën, het variabiliteitsvermogen niet eens kan worden uitgeput. En meer kan men ter nauwernood van eene organische functie verlangen.

Zonder in uitvoerige berekeningen en formules te vervallen is het niet wel doenbaar, hier de beteekenis dier uitwisseling verder na te gaan of de bewijzen aan te voeren, die de variëteitsbastaarden voor de juistheid dezer stellingen leveren. Ik moet dus daaromtrent naar meer uitvoerige werken verwijzen, maar meen toch in hoofdzaak het beginsel aangegeven te hebben, volgens hetwelk de natuur te werk gaat, om de groote voordeelen der individueele verscheidenheid door middel der geslachtelijke voortplanting zoo volledig mogelijk te verwezenlijken. Alleen wijs ik er hier ten overvloede nog eens op, dat deze voordeelen zich meer in de kleinkinderen doen gevoelen dan in de kinderen, en dus klaarblijkelijk bij een beperkte vermenigvuldiging nog meer in de achterkleinkinderen dan in de tweede generatie. Want eerst in een zeer groot aantal individuen kan de geheele mogelijke rijkdom van vormen worden ontplooid.

Voor deze geheele beschouwing heb ik mij beperkt tot de constante variëteiten. Het wordt dus tijd ook de inconstante te bespreken. Daar zij zich echter, afgezien van die inconstantie zelve, en met name ten opzichte van de kruisingen en hare gevolgen, in hoofdzaak juist zoo gedragen als de constante, kan ik mij tot eene korte schets beperken. Nergens in de natuur treedt ons de variabiliteit zoo rijk en zoo treffend voor oogen als op het gebied der bonte bladeren. Geldt algemeen de stelling, dat geen twee bladeren van een plant onderling geheel gelijk zijn, hier dringt zij zich aan ons op. Van zuiver witte of zuiver gele tot de gewone groene bladeren zien wij alle overgangen en alle schakeeringen. In een bont blad liggen geel en groen in lagen boven elkander, en die van de onder- en bovenzijde passen geenszins altijd op de middelste weefsellaag. Vandaar tintverschillen en onscherpe grenzen. De onstandvastigheid is hier zóó groot, dat de liefhebber van planten haar gaarne voor typisch houdt. Andere voorbeelden geven de bloemen. Hier

toont zich een ander bont in de gestreepte variëteiten van Azalea's, riddersporen, Dahlia's, leeuwenbekken en zoo vele andere. De eene bloem heeft fijne, de andere breede strepen van een roode of blauwe kleur op een overigens wit of geel veld. Tusschen bijna ongestreept, en zuiver rood of blauw vindt men alle schakeeringen, somwijlen op dezelfde trossen bijeen. Iets dergelijks, hoewel minder in het oog loopend, vertoonen de dubbele bloemen; alle overgangen van geheel vol tot enkelvoudig kunnen op hetzelfde bed gezien worden.

Het terugkeeren tot de kenmerken der soort, het atavisme, dat voor de variëteiten karakteristiek is, geschiedt hier dus steeds en met overgangen. De groene bladeren, de enkelvoudige bloemen, de roode of blauwe kleur zijn zulk een telkens herhaalde terugkeer. En zij ontstaan zonder kruising, ook bij kunstmatig zuivere bevruchting, alleen krachtens de variabiliteit dezer variëteiten. Door een keuze van het zaad op de weinig of sterk bonte of gestreepte of dubbelbloemige individuen kan men eenerzijds de variëteit wat meer zuiver houden of anderzijds het atavisme bevorderen. Maar volkomen isoleeren kan men noch het eene, noch het andere uiterste. Onderling zijn zij door onverbreekbare banden verbonden, en vroeg of laat keert steeds na elke poging tot zuivering van het eene type, het andere toch weer terug. Schommelt in gewone gevallen de variabiliteit om een middelpunt, hier schommelt zij tusschen twee uitersten. Schijnbaar is dit een klein verschil, maar in werkelijkheid komt het daarop neer, dat bij de eerste gevallen ééne eigenschap op de uitwendige invloeden door meerdere of mindere ontwikkeling antwoordt, terwijl in de laatste er twee eigenschappen zijn, die, in het binnenste wezen der plant, dus in de celkernen, naast elkander liggend, toch niet beide tegelijkertijd zich in volle mate kunnen doen gelden. Het zuivere groen sluit het geel, het zuivere rood de strepen uit. Deze onderlinge samenwerking,

of liever tegenwerking, is daardoor de bron der zoo opvallende verscheidenheid.

Het wordt echter tijd dat wij de variëteiten verlaten. Ons rest nog een geheel ander geval van bastaardeering te bespreken, dat wel is waar nog niet zoo uitvoerig onderzocht is, maar dat toch in vele opzichten veel belangrijker en leerzamer is. Ik bedoel de bastaarden tusschen soorten. Hier treden, door de groote verschillen tusschen de ouders, bij de kruisingen onregelmatigheden en storingen op, die zoowel het gelukken der kruisingen zelve als ook de vruchtbaarheid der bastaarden ernstig bedreigen, ja niet zelden geheel vernietigen.

Dit mislukken leert ons, dat het verschil tusschen soorten, ook bij nauwe verwantschap in den grond der zaak, een ander is dan dat tusschen variëteiten van dezelfde soort onderling. Bij deze laatste is samenwerking steeds mogelijk en vindt zij normaal plaats, de beide typen passen evengoed op elkander als of zij één en hetzelfde waren. De typen van twee verschillende soorten passen echter niet meer op elkander.

Dit gemis aan voldoende overeenkomst uit zich nu, zooals te verwachten is, eenerzijds bij de bevruchting, en in de tweede plaats als gevolg der uitwisseling der eigenschappen in den bastaard, bij de voortbrenging der nieuwe geslachtscellen. Gaan we beide afzonderlijk na.

Iedereen weet, dat het stuifmeel eener roos op den stempel van een lelie gebracht, geen zaden kan doen ontstaan. Zelfs een tulp kan men niet met een lelie of met een hyacint kruisen. Integendeel is voor het gelukken eener kruising algemeen een zeer nauwe graad van verwantschap noodig. Niet alle soorten van papavers geven onderling bastaarden. Als regel kan men stellen dat soorten, die tot twee verschillende geslachten behooren, slechts bij uitzondering elkaar met goeden uitslag kunnen bevruchten. Zoo b.v.: de Berberis en de Mahonia, de Azalea en de Rhododendron. De meeste dergelijke uitzonderingen komen in

de familie der orchideeën voor. En ook binnen de geslachten is het bedoelde vermogen zeer beperkt. Geheele natuurlijke familiën leveren geen of bijna geen bastaarden op; in de overige doen dit slechts enkele uitverkoren geslachten, zooals de anjelieren, de tabak en de wilgen. En onderzoekt men deze geslachten nauwkeurig dan munten zij in den regel door talrijke, doch onderling zeer nauw verwante soorten uit.

Is een kruising mogelijk, dan kan zij nog in de meest verschillende graden gelukken. Soms oogst men bijna evenveel zaad als na gewone bevruchting, meestal minder, de helft of slechts een derde. Niet zelden worden slechts enkele zaden rijp, of gelukt de bastaardeering slechts onder bijzondere, soms zeer zeldzame omstandigheden. Men kent talrijke, toevallig ontstane bastaarden, die het nog niet gelukt is, kunstmatig op nieuw te maken. Ook is het een zeer gewoon verschijnsel dat na de bastaardbevruchting de kiem wel aangelegd wordt, maar slechts een kort leven leidt. Eenigen tijd lang kunnen de beide ouderlijke erfdeelen samenwerken; soms ontstaan alleen cellen, soms worden bepaalde organen in eersten aanleg gezien, maar daarna sterft de kiem. Bij de kruising onzer aardorchideeën zijn zulke gevallen door Strasburger onderzocht.

Worden de gekruiste zaden rijp, dan volgt daaruit nog geenszins, dat zij ook tot volwassen planten kunnen opgroeien. In talrijke gevallen zijn de kiemplantjes zoo zwak dat zij of alle of voor verreweg het grootste deel reeds in hun eerste jeugd sterven. Zelfs bij schijnbaar nauw verwante soorten komt dit voor, zoo b.v. bij de kruising van de Oenothera Lamarckiana met één onzer inlandsche St. Teunis-bloemen, de O. muricata. Bij wilgenbastaarden krijgt men dientengevolge meestal een overmaat van vrouwelijke planten, of wel alleen deze, omdat de mannelijke zwakker zijn en dus in haar jeugd talrijker sterven. Vergelijkt men al zulke gevallen, zoo krijgt men den indruk, dat de beide onderling ongelijke voorkernen

nu eens korter en dan weer langer kunnen samenwerken, maar in tal van gevallen, ja misschien wel in de meeste ten slotte het moeten opgeven, en den bastaard laten sterven vóór hij bloeien en zaaddragen kan. Als laatste nummer in deze reeks zou dan het zeer gewone verschijnsel te noemen zijn, dat vele bastaarden eerst te laat beginnen te bloeien, daar zij of hunne eerste bloemknoppen of bloemen onvoltooid afwerpen, of wel te lang wachten, voor zij bloemknoppen aanleggen. Treedt dan de herfst in, vóór er werkelijk zaadknoppen bevrucht zijn, zoo kan men geen zaad meer oogsten. Op deze wijze eindigen de kruisingsproeven b.v. in het geslacht der tabaksplanten niet zelden.

Om te begrijpen, waarop deze storing in de samenwerking der beide voorkernen berust, is het noodig dat wij nog eens op het verschil tusschen soorten en variëteiten terugkomen. Berust het ontstaan der laatste op een overgang van voorhanden eigenschappen uit den actieven toestand in den inactieven, de vorming der eerste moet daartegenover aan een geheel andere oorzaak worden toegeschreven. Men ziet dit het gemakkelijkste in, wanneer men het rijk der levende natuur in het algemeen beschouwt. Hier berust de vooruitgang op differentieering, op een toenemen van het aantal kenmerken. Dit springt terstond in het oog, wanneer wij de hoogere dieren met de lagere, of de bloemplanten met mossen of wieren vergelijken. Eéncellige wieren, draadwieren en vlieswieren hebben een veel eenvoudiger bouw dan boomen en heesters, en daarmede een geringer aantal kenmerken. Of met andere woorden: het aantal der erfelijke eigenschappen neemt met de steeds hooger wordende organisatie allengs toe. Slechts zijn de stappen voor onze waarneming te klein. Wij zien duidelijk verschillen in hoogte van ontwikkeling tusschen verwante familiën, ja somwijlen tusschen geslachten. Maar om te zeggen, welke soorten uit een bepaald geslacht hooger georganiseerd zijn, dat wil dus zeggen meer erfelijke eigenschappen bezitten

dan andere, dat gelukt ons in den regel niet. Zoo fijn is ons waarnemingsvermogen niet. Trouwens dit is niet meer dan natuurlijk, want op een aantal van eenige duizenden te beslissen of er een of enkele meer zijn, daartoe zou men de eenheden moeten kunnen tellen.

Passen wij nu deze redeneering op het ontstaan van soorten toe, zoo besluiten wij allereerst, dat de hoogere soorten uit de lagere ontstaan zijn door vermeerdering van het aantal der erfelijke eigenschappen. Bij de oude moeten nieuwe bijgekomen zijn. En wel van tijd tot tijd. De eene soort stamt van de andere af, die van een nog oudere. Bij elke afstamming moet er minstens eene eigenschap gewonnen zijn; zoolang elke soort echter constant gebleven is, kan ook het aantal harer eigenschappen onveranderd gebleven zijn. Op deze wijze komen wij allengs tot de voorstelling dat de naaste verwante van eene gegeven soort die is, uit welke zij haren oorsprong genomen heeft, hare moedersoort. Iets wat trouwens bij eene vergelijking met de familiebetrekkingen onder de menschen van zelf spreekt. Hier hebben wij dus tevens het eenvoudigste geval voor een kruising tusschen twee soorten, n.l. twee typen waarvan het jongere van het oudere afgestamd is door de aanwinst van één nieuwe erfelijke eigenschap.

Geldt elders de spreuk, simplex sigillum veri, de eenvoud is de stempel der waarheid, in de wetenschap geldt de regel dat de eenvoudigste voorbeelden diegene zijn, aan welke men het gemakkelijkst de waarheid leert kennen. Zij stellen ons in staat de verschijnselen te begrijpen, en is voor hen eenmaal de verklaring gevonden, dan valt het meestal niet moeilijk, die op meer samengestelde gevallen toe te passen. Om deze reden willen wij trachten ons voor te stellen wat de samenwerking van twee voorkernen moet opleveren, wanneer de eene eene erfelijke eigenschap meer heeft, of meer vertegenwoordigt dan de andere. Klaarblijkelijk passen zij dan niet meer volledig op elkander. Bij de variëteiten staat tegenover elk inactief deeltje een actief, en

wordt dus de samenhang van het geheel niet gestoord. Hier echter staat tegenover de nieuwe eigenschap niets, want daarin ligt juist haar nieuwheid. Plaatselijk is er dus een gebrek in de overeenkomst, en wel een zoodanig, dat ook op de samenwerking van andere, naburige deeltjes storend kan inwerken. En nu kan men zich gemakkelijk voorstellen, dat zulk eene stoornis nog maar gering is, en op zich zelve ternauwernood een merkbare beteekenis zou hebben. Maar zoodra tusschen de beide soorten, die men voor eene kruising kiest, het aantal verschilpunten grooter wordt, twee of drie, of misschien zelfs tientallen gaat bedragen, dan begrijpt men dat zulke ongelijke plaatsen in de voorkernen schadelijk moeten gaan worden. En wel des te schadelijker, naar mate zij talrijker zullen zijn. Met andere woorden, hoe grooter het aantal verschilpunten tusschen de beide ouders is, des te kleiner is de kans, dat de samenwerking der beide voorkernen van langen duur zal zijn, des te eerder zal de gevormde bastaard, hetzij als jonge plant, hetzij als zaad, hetzij als kiem, hetzij reeds terstond bij zijn aanleg bij de bevruchting te gronde moeten gaan. Wij zien dus, dat deze voorstelling een uiterst eenvoudige verklaring geeft van hetgeen de ervaring ons omtrent de levenskansen der bastaarden in het algemeen leert.

Gedurende het leven van den bastaard blijven de beide voorkernen, als haar onderlinge verschillen niet te groot zijn, met meer of minder groote moeite den gemeenschappelijken arbeid volhouden. Zij zijn als een span van twee zeer ongelijke paarden. En men moet zich verwonderen dat gevallen, zooals die van den Bastaard-Gouden-Regen, waarin zij uit den band springen en elk haar eigen bestaan gaan voeren, haar eigen stempel aan weefsels en knoppen en bladeren en bloemen gaan opdrukken, zoo uiterst zeldzaam zijn. Haar samenwerking is altijd onvolkomen, nu eens meer dan weer minder. Zij passen niet bij elkaar, zooals men aan alle uitingen van het bastaardleven zien kan. De

verschillen tusschen de ouders behoeven volstrekt niet groot te zijn, om de bastaarden tot teere gewassen te maken, die alle zorgen der cultuur vereischen om door de moeilijke tijden der ontkieming en de eerste ontwikkeling heen gebracht te worden. Eenmaal volwassen, zijn de bezwaren overwonnen, en de te zwakke te gronde gegaan, en vertoonen zich de overblijvende dus in de volle kracht van hun leven.

Maar die kracht houdt op, wanneer het er op aankomt zelf zaden voort te brengen. Zeer weinige soortsbastaarden gedragen zich daarbij even goed als gewone soorten. Nu eens is hun stuifmeel onvoldoende, dan weer laten de zaadknoppen te wenschen over, meestal valt op beide wat aan te merken. De stuifmeelkorrels vertoonen zich onder het microscoop loos, zonder inhoud en ten minste zonder kern. Niet altijd alle, maar dikwijls voor een grooter of een kleiner gedeelte. Zijn zij alle leeg, dan is er natuurlijk geen bevruchting, geen voortplanting van het bastaardras mogelijk; zijn zij tendeele onvolkomen ontwikkeld, zoo bestaat de kans op enkele, soms wat meer soms wat minder talrijke zaden. Evenzoo is het met de eicellen in de zaadknoppen gesteld. Voor een grooter of kleiner aantal mislukken zij, en verminderen daardoor de kans op bevruchting.

Wanneer wij niet reeds uit onze vroegere beschouwingen wisten, dat aan het ontstaan van stuifmeelkorrels en eicellen een uiterst samengesteld en fijngevoelig proces voorafgaat, dan zou deze groote kans op mislukking van eicellen en stuifmeel bij de bastaarden er ons met voldoende duidelijkheid op wijzen. En tevens zou zij ons leeren, dat het bij dat proces meer dan elders op de vraag aankomt, of de beide voorkernen op elkander passen of niet. Want de meest oppervlakkige vergelijking van de vruchtbaarheid der soortsbastaarden met die van gewone soorten leert ons, dat de ongelijkheid der beide voorkernen, of zoo men liever wil, der beide ouderlijke erfdeelen, de oorzaak der geringere vruchtbaarheid is.

Het bedoelde proces is de uitwisseling van de eigenschappen, of van hare dragers, tusschen de beide voorkernen. Zoowel bij de gewone bevruchting als bij de kruising van variëteiten gaat deze geheel ongestoord, want elke eigenschap in de eene voorkern vindt in de andere een overeenkomstige eigenschap, waartegen zij kan worden uitgewisseld. Maar zoodra het aantal in beide voorkernen ongelijk is, moet deze uitwisseling belemmerd worden. Waar geen paar is, kan niet geruild worden. En het is niet moeilijk zich voor te stellen, dat daardoor ook de ruil in de naburige paren gestoord worden kan. Het eene stel van kerndraden vertoont, vergeleken met het andere, zekere hiaten, en daar moet alles, wat op wederkeerigheid berust, natuurlijk haperen. Op deze wijze voortredeneerende, zouden wij een schema van de uitwisseling der erfelijke eigenschappen bij het ontstaan der sexueele cellen van de bastaarden kunnen gaan uitwerken. Maar vooralsnog ontbreken de feiten, die ons zouden in staat stellen de juistheid van zulk een schema te controleeren en daarom moeten wij er ons mede tevreden stellen, in het algemeen een inzicht gekregen te hebben, hoe de ongelijkheid der ouderlijke voorkernen in een bastaard het ontstaan van gezonde eicellen en stuifmeelkorrels geheel of ten deele kan doen mislukken.

Keeren wij dus tot de feiten terug en nemen wij aan, dat het gelukt is op een bastaard, bij zelfbevruchting of bij onderlinge bevruchting van gelijke bastaarden zaden te winnen. Als men deze uitzaait, en zoo een tweede bastaard-generatie opkweekt, wat zal men dan krijgen?

Bij de bastaarden der variëteiten krijgt men in de tweede generatie verschillende typen van individuen, die ons alle denkbare combinatiën tusschen de eigenschappen der grootouderlijke soorten aanbieden. Maar dit was een gevolg van de uitwisseling van actieve tegen inactieve eigenschappen. Hier echter ontbreekt zulk eene uitwisseling juist op de verschilpunten, waarom het te doen is, en hier mag men dus zulk eene splitsing,

zulk eene veelvormigheid niet verwachten. En men vindt haar dan ook niet. Juist integendeel ontstaat er een constant bastaardras, dat ook later, in den loop der jaren en der generatiën onveranderd blijft en dat door het bezit van sommige eigenschappen van den grootvader en andere van de grootmoeder in zekeren zin een tusschenvorm voorstelt.

Zulke bastaardrassen kan men kunstmatig maken, en juist het geslacht der Teunis-bloemen is daartoe bizonder gunstig. Maar ook in de natuur komen zij voor. Zoo groeit b.v. in de Alpen een tusschenvorm tusschen de beide alpenroosjes, op berghellingen waar beide soorten te zamen voorkomen. Zoo hebben onze tuin-aurikels hun oorsprong aan eene kruising tusschen twee oorspronkelijke wilde soorten te danken. Andere voorbeelden zou men kunnen aanvoeren, maar de lijst is nog geen zeer groote.

Dit is ook niet noodig, want het was er slechts om te doen om aan te toonen, hoe de bastaardeeringen, trots alle afwijkingen, zich in beginsel aan de normale bevruchtingen aansluiten, en hoe juist de afwijkende gevolgen, die zij hebben, ons kunnen dienen, om een helderder inzicht in het normale verloop van het proces te verkrijgen.

Want ook de bastaarden leeren ons dat bij de geslachtelijke voortplanting twee punten een hoofdrol spelen, n.l. de bevruchting en de uitwisseling van eigenschappen tusschen de beide voorkernen, die elkander bevrucht hebben. Deze beide verschijnselen hangen ten nauwste met elkander samen. De uitwisseling kan natuurlijk niet plaats vinden, zonder voorafgaande bevruchting, want door deze worden de twee voorkernen bijeengebracht. De bevruchting zou natuurlijk kunnen bestaan zonder de uitwisseling, maar haar volle nut en haar volle beteekenis krijgt zij toch eerst door haar. In dezen zin zijn beiden voor elkander onmisbaar. Te zamen veranderen zij de betrekkelijk geringe verscheidenheid, die ook bij ongeslachtelijke

voortplanting zichtbaar is, in een haast onuitputtelijke bron van vormen, in een overal meer dan voldoend vermogen om zich te plooien naar de telkens en overal wisselende levensomstandigheden. Te zamen voeren zij daardoor voor elke soort de in haar erfelijke eigenschappen gegeven kansen van leven en slagen tot het hoogst mogelijke peil op. Zoo hebben zij voor de geheele ontwikkeling der levende natuur naast de veranderlijkheid. zelve die de soorten doet ontstaan, en met deze te zamen de allereerste plaats ingenomen, en beheerscht thans de geslachtelijke voortplanting, meer dan iets anders, het geheele leven op aarde.

Het blijft daarbij vreemd, dat bevruchting en uitwisseling, die dus als het ware slechts onderdeelen van een zelfde proces zijn, niet onmiddellijk op elkander volgen. Integendeel zijn zij door een groot deel van het leven van elkaar gescheiden, vooral bij de planten. Het tijdstip van uitwisseling is als het ware zoover mogelijk van dat der bevruchting verwijderd geworden. Het moet vallen vóór de productie der geslachtscellen, maar het ligt dan ook, zoover wij weten, zoo dicht mogelijk bij dat oogenblik.

Gedurende al dien tijd, van de bevruchting tot aan de uitwisseling, en in de lichaamsdeelen die niet tot de voortplantingsorganen behooren, levenslang, liggen de beide ouderlijke erfdeelen, vertegenwoordigd in de voorkernen, die afstammen van de eicel en de spermatozoë bij de bevruchting, als makkers naast elkander, maar zonder hunne zelfstandigheid te verliezen, of zonder zich tot een nieuw geheel te vermengen. Alle lichaamskernen zijn dus dubbelkernen, alle geslachtelijk ontstane wezens zijn dubbelwezens, die levenslang hun dubbelen oorsprong verraden, en die in bijzondere gevallen dit op zeer bizondere en in het oog springende wijze doen. De bastaarden der variëteiten toonen ons dit in de splitsingen hunner eigenschappen in hunne nakomelingen, de kruisingen der soorten daarentegen in de vermindering der vruchtbaarheid.

U.C. BERKELEY LIBRARIES
C026120443